

## Comportamiento hidrodinámico de diques de escollera sin núcleo

Por ALFONSO CAJIGAS DELGADO  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas  
Centro de Estudios de Puertos y Costas, MOPU

*Los diques de escollera sin núcleo constituyen uno de los tipos más frecuentes de obras marítimas. En el artículo se expone la metodología seguida en la ejecución de ensayos en modelo reducido sobre el comportamiento hidrodinámico de dichas estructuras, incluyendo la obtención de los coeficientes de trasmisión y reflexión en diques permanentes.*

### INTRODUCCION

Cuando una onda alcanza un dique rugoso y permeable, la energía que transporta sufre una serie de transformaciones que se podrían sintetizar como sigue (Fig. 1):

- Un remonte de la masa de agua por el talud del dique (afloramiento). Cuando este remonte supera el punto de máximo afloramiento, se produce el rebase de una parte significativa de la masa de agua hacia el trasdós del dique, generándose el oleaje por transmisión.
- Una reflexión del oleaje hacia el lado-mar.
- Una transmisión del oleaje a través del dique, dada su permeabilidad.
- Una disipación de energía, bien por el flujo a través del medio poroso, bien porque el dique absorbe parte de la energía, bien por la turbulencia y/o rotura que se produce en la pared anterior del dique.

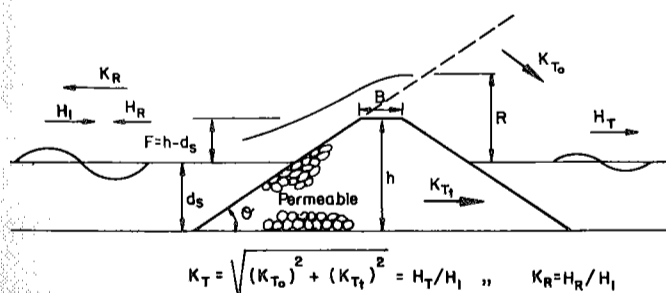


Figura 1.— Transmisión y reflexión del oleaje en diques permeables.

(\*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de junio de 1987.

Los ensayos que se describen en este artículo fueron realizados por el autor, bajo la dirección del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Rafael Escutia Celda, en el Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas «Ramón Iribarren», CEDEX, MOPU.

Por la Ley de la conservación de la energía, este fenómeno puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$K_T^2 + K_R^2 + K_L^2 = 1$$

donde:

- $K_T$  = Coeficiente de transmisión.
- $K_R$  = Coeficiente de reflexión.
- $K_L$  = Coeficiente que engloba todas las pérdidas de energía.

### CARACTERISTICAS DE LOS ENSAYOS

A continuación se desarrolla la metodología utilizada para la realización de los ensayos en modelos físicos bidimensionales para la obtención de los coeficientes de transmisión y reflexión en diques permeables.

#### Ley de semejanza y escala adoptadas

En los ensayos en donde los fenómenos están condicionados fundamentalmente por fuerzas de inercia y de gravedad, la semejanza dinámica de los polígonos de fuerzas en todos los puntos homólogos del modelo y del prototipo, conduce a la conservación del número de FROUDE.

El número de Froude viene dado por la expresión:

$$F_R = V / \sqrt{gL}$$

siendo L una dimensión lineal característica y la V una velocidad característica. La Ley de

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

Froude puede expresarse por:

$$V_r / \sqrt{g_r L_r} = 1$$

donde el subíndice r indica el cociente entre prototipo (p) y modelo (m).

Si la escala de longitudes es  $\lambda$  y suponiendo que se conserva la gravedad ( $g_p = g_m$ ), la Ley de Froude conduce a las siguientes relaciones que ligan las diferentes magnitudes empleadas:

$$\text{Longitudes: } L_m = L_p \cdot \lambda$$

$$\text{Tiempos: } T_m = T_p \cdot \sqrt{\lambda}$$

$$\text{Pesos: } P_m = P_p \cdot \lambda^3$$

Cuando se emplea la Ley de Froude, las fuerzas debidas a la tensión superficial, viscosidad y compresibilidad, aparecen en el modelo mucho mayores que las de inercia y gravedad. Para evitar en lo posible los efectos de escala que puedan falsear los resultados, se procura que la escala sea la más grande posible sin olvidar las limitaciones físicas y/o económicas que puedan hacer inviable su estudio.

Para la realización de los ensayos que aquí se van a tratar, se ha adoptado la escala 1/20 como compromiso entre las limitaciones anteriormente expuestas.

### Descripción del modelo y dispositivos de medida

Los ensayos se han realizado en un tanque de oleaje complejo de 35,0 m de longitud y 6,50 m de anchura, en cuyo interior se ha dispuesto un canal de 2,0 m de ancho en el que se sitúan las secciones a ensayar (Fig. 2). El tanque finaliza en una rampa absorbente de energía, dando lugar a una re-reflexión sobre la paleta generadora del oleaje de magnitud prácticamente despreciable.

El mecanismo de generación de oleaje es una paleta de movimiento traslacional accionada hidráulicamente y cuyo control se efectúa por procedimientos electrónicos. Para la toma de medidas se instalaron cuatro sondas de resistencia (Fig. 2), capaces de detectar de forma continua las variaciones del nivel de agua. Dos de ellas se situaron frente a la sección, en una zona con una profundidad de agua de 0,70 m en modelo, con el fin de determinar la capacidad reflejante de la sección ensayada, según el método propuesto por Goda y Suzuki. Un tercer sensor se instaló a la altura de la sección, pero en un canal lateral de manera que la medida del oleaje no estuviera afectada por las reflexiones y poder aplicar un análisis del tipo estadístico. El cuarto sensor, situado en el lado-

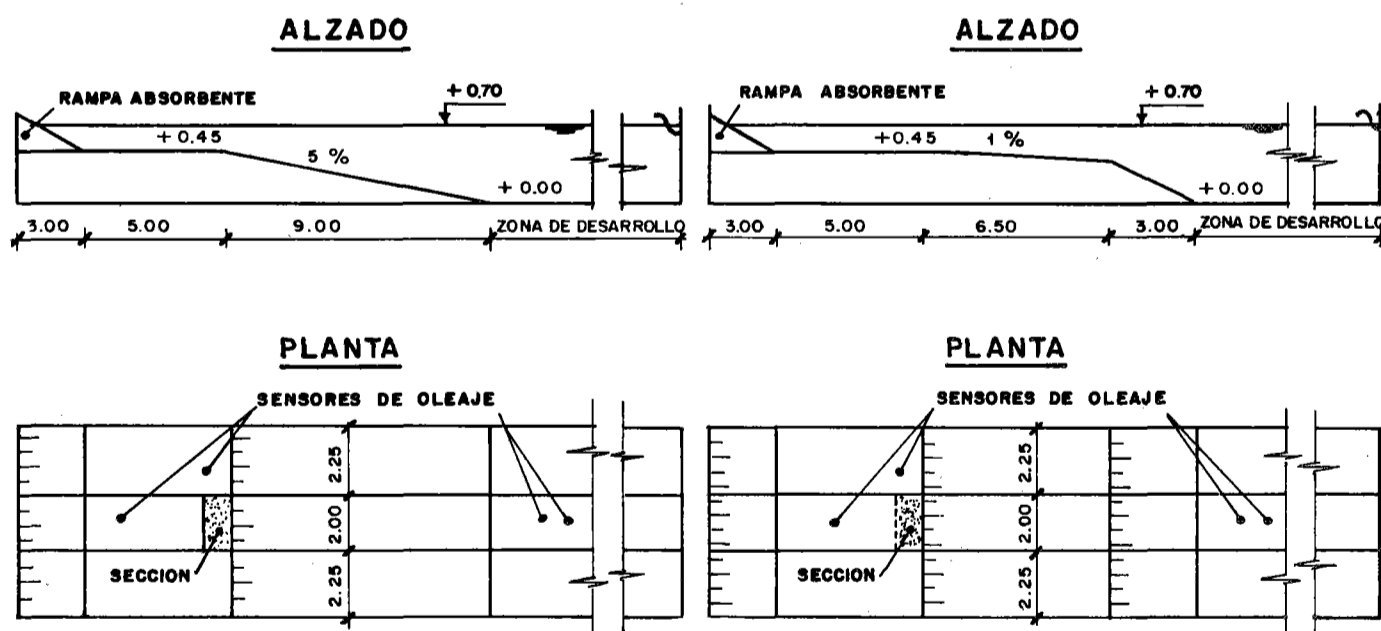


Figura 2. — Disposición general de los modelos.

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

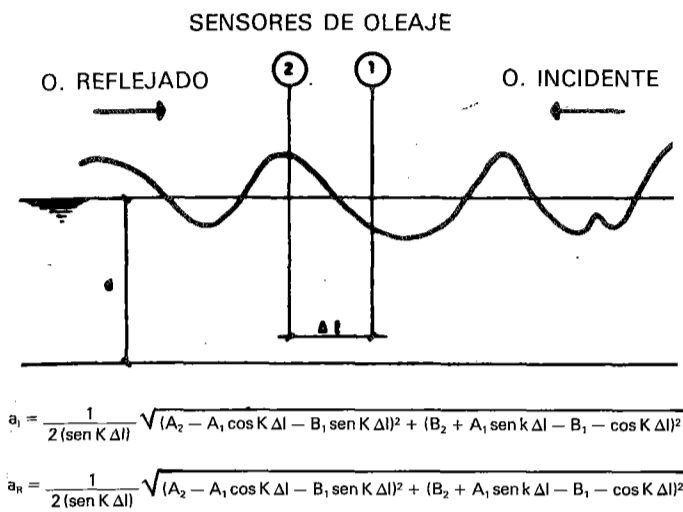


Figura 3. — Método de Goda y Suzuki

tierra de la sección, permitía determinar el oleaje transmitido.

La separación de las sondas que miden el oleaje incidente y reflejado se ha determinado mediante el método de Goda y Suzuki (1976). Este método proporciona una estimación de las amplitudes del oleaje incidente y reflejado mediante las expresiones (Fig. 3):

donde:

- A, B = coeficientes espectrales;
- K = número de onda ( $2\pi / L$ ).
- $\Delta l$  = separación entre sondas.
- $L = gT^2 / 2\pi \cdot \text{th}(2\pi d / L)$

En la práctica se selecciona  $\Delta l$  de manera que

$$\Delta l = L_{\text{máx}} \cdot 0,05$$

$$\Delta l = L_{\text{mín}} \cdot 0,45$$

siendo  $L_{\text{máx}}$  y  $L_{\text{mín}}$  las longitudes de onda máxima y mínima en el intervalo de frecuencias del campo de medida.

La integración de los espectros de energía correspondientes a los oleajes incidente y reflejado, proporcionan sus respectivas alturas de ola significativa mediante las que se puede determinar el coeficiente de reflexión. La determinación de las características del oleaje que alcanza a la sección y del transmitido se realiza

mediante análisis estadístico y obteniéndose los siguientes parámetros:

N = número de olas contenidas en el registro.

$H_{1/3}$  = altura de ola significativa.

$\bar{H}$  = altura de ola media.

$H_{\text{máx}}$  = altura de ola máxima.

$T_{1/3}$  = período significativo.

$\bar{T}$  = período medio.

Distribución conjunta H/T.

### Oleajes ensayados

Los oleajes ensayados han sido de espectros de energía tipo Jonswap (Fig. 4), con las siguientes características:

	$T_p$ (seg.)			$\gamma$	$\sigma_a$	$\sigma_b$
Prototipo	12,0	8,5	5,0	3,3	0,07	0,09
Modelo	2,683	1,905	1,118	3,3	0,07	0,09

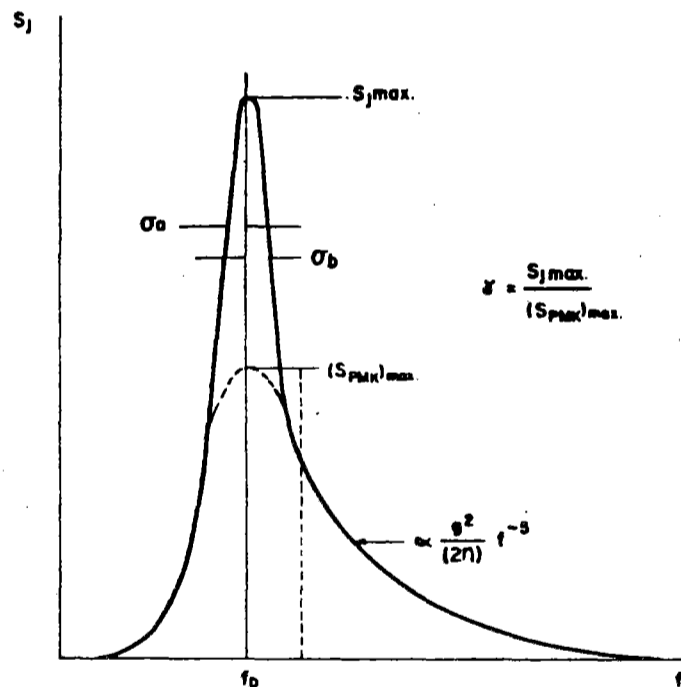


Figura 4. — Definición original de los parámetros del espectro Jonswap.

La duración total de la serie de oleaje reproducida fue de 720 seg., 560 seg. y 400 seg. para cada uno de los oleajes, con un número de datos tomados de 9.216, 7.168 y 8.192, respectivamente.

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

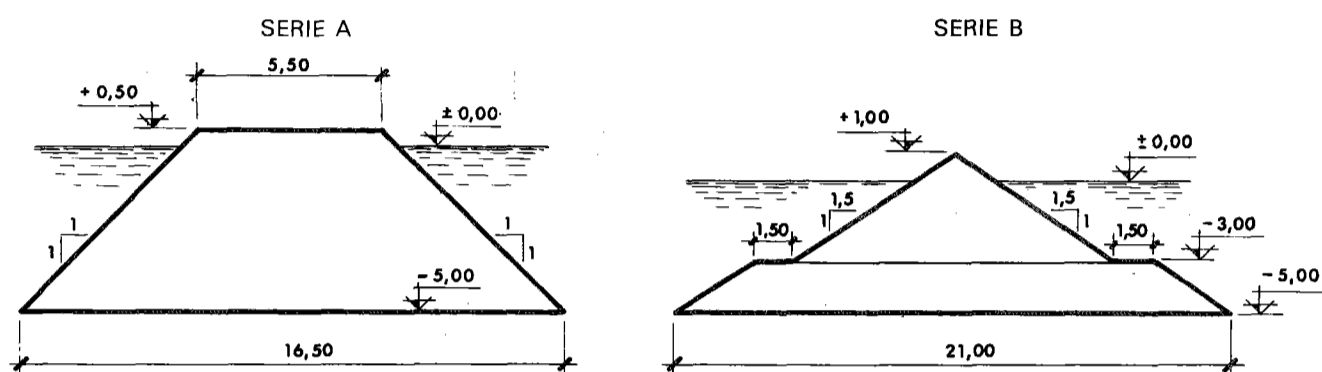


Figura 5. — Secciones-tipo ensayadas.

### Secciones ensayadas

Las secciones ensayadas han sido de dos tipos, las de la serie A son de forma trapezoidal, y las de la serie B formadas por una base de forma trapezoidal sobre la que descansa la sección del dique propiamente dicha de forma triangular (Fig. 5).

Las características de los cantos de escollera que integran una de las secciones, en prototipo son:

Serie A	Peso mínimo	Peso medio	Peso máximo
Sección A	800 kg	4.000 kg	7.200 kg
Sección A-1	500 kg	2.500 kg	4.500 kg
Sección A-2	200 kg	1.000 kg	1.800 kg
Sección A-3	500 kg	1.500 kg	2.500 kg.

Serie B	Peso mínimo	Peso medio	Peso máximo
Sección B	800 kg	4.000 kg	7.200 kg
Sección B-1	500 kg	2.500 kg	4.500 kg
Base (ambas secc.)	200 kg	1.000 kg	—

Para las secciones-tipo A, B, A-1 y B-1, la duración de los ensayos ha sido de 30 minutos en modelo (2 horas 14 minutos en prototipo), y de 1 hora en modelo (4 horas 28 minutos en prototipo) para las secciones A-2 y A-3.

### Desarrollo de los ensayos

Los ensayos se han realizado por escalones crecientes de altura de ola, manteniéndose la sección en el estado de averías en que quedó en el escalón anterior. Este hecho es importante tenerlo en cuenta pues los resultados que se han

obtenido para cada escalón dependen directamente del estado que presenta en ese momento la sección, y no de la sección-tipo de la que se partió. Esto nos ofrece unos resultados más reales aunque se alejan de la mayoría de los estudios realizados sobre reflexión y transmisión en los que la sección se mantiene inalterable.

Por este motivo, antes de iniciar el estudio que realmente nos ocupa, vamos a dar unas breves referencias de carácter general sobre el comportamiento de las secciones desde el punto de vista de su estabilidad.

### Estudio de la estabilidad

El movimiento de un canto de escollera puede ser de dos tipos:

- Cabeceos sobre su posición en la sección.
- Desplazamiento de su posición a otra diferente.

El cabeceo de una pieza puede tener gran importancia en la medida en que está ligado a la estabilidad estructural, al convertirse en fuerza originadora de tensiones adicionales a los cantos.

El dique, al ser atacado por oleajes de pequeña altura, permanece inalterable, salvo la caída de algunos cantos sueltos no integrados en el conjunto granular. Al aumentar la altura de ola, los desplazamientos crecen, si bien, mientras no se incremente la altura de ola dichos desplazamientos acaban por cesar. Durante estos estados de «estabilidad parcial», el dique alcanza siempre una situación de equilibrio, dependiendo el número de cantos desplazados de la acción del flujo, y no de la duración del mismo.

Cuando las acciones debidas al flujo exceden

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

un cierto valor, la sección no alcanza ya una situación de equilibrio, siendo el número de cantos desplazados función del tiempo, hasta su completa destrucción. Hay que señalar que, durante la fase de «estabilidad parcial», la geometría del talud es cambiante, tendiendo (siempre que el talud no sea muy rígido) a buscar un perfil de equilibrio acorde con el oleaje incidente, produciéndose en el proceso modificaciones estructurales importantes.

### Estudio de la transmisión y reflexión

Llegado a este punto es importante hacer referencia a la existencia, por delante de las secciones, de una pendiente en el fondo del 1 por 100 para los tipos A, A-1, B y B-1, y del 5 por 100 para las secciones A-2 y A-3.

La importancia de este hecho estriba en la evolución del oleaje desde aguas profundas (lugar donde se ha calibrado el oleaje), hasta alcanzar la sección en profundidades reducidas. La existencia de dicha pendiente hace que el oleaje crezca en altura hasta el pie del dique, debido a la reducción del fondo. Así para el oleaje de  $T_p = 12$  seg. ensayo tendríamos que la longitud de la onda en profundidades indefinidas sería:

$$L_0 = 1,56 T^2 = 224,64 \text{ m}$$

y para la profundidad de trabajo ( $d = 5$  m en prototipo) tendríamos según el ábaco de la Fig. 6, un crecimiento de la ola de un 20 por 100 respecto la de aguas profundas. Este fenómeno se ha contrastado con los resultados obtenidos al realizar el análisis estadístico de los registros de la sonda situada a la altura de la sección de ensayo.

Este incremento comienza a ceder a medida que el aumento del peralte es tal que motiva la aparición de roturas de ola, produciéndose la disipación de una parte significativa de la energía del oleaje, hasta el punto de registrarse menores alturas de ola a pie del dique que las registradas en aguas profundas.

### Resultados obtenidos. Comentarios.

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos, se han representado en los si-

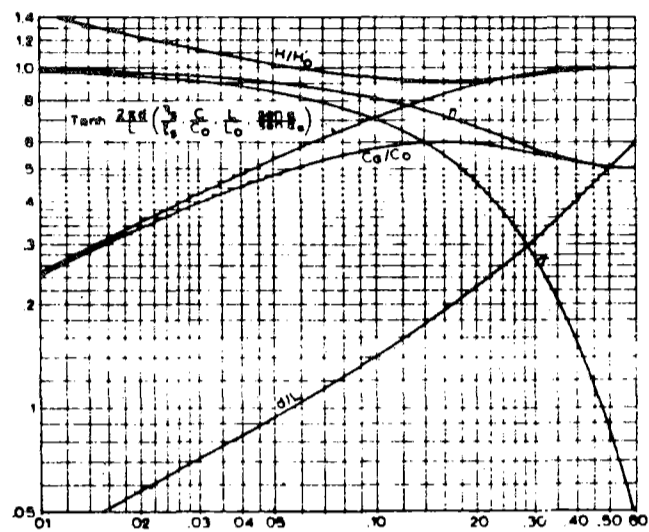


Figura 6.— Características del oleaje en profundidades definidas en función de  $d/L_0$ .

guientes gráficos:

- Alturas de ola transmitidas y reflejadas en función de la altura de ola en profundidades indefinidas. En estos gráficos se señala el umbral de rotura del oleaje.
  - Coefficientes de transmisión y reflexión, así como el coeficiente de pérdidas totales de energía, en función de la altura que alcanza el dique.
  - Distribución de períodos incidentes y transmitidos.
- Del análisis de los gráficos de alturas del ola podemos significar las siguientes tendencias de carácter general:
    - Con el aumento de la altura de ola incidente aumentan las alturas transmitidas y reflejadas, si bien al aparecer las primeras roturas de ola el aumento de alturas empieza a decrecer. Este cambio en tendencia es más acusado en las alturas reflejadas, ya que con el aumento del peralte aumenta la energía disipada en el dique o la transmitida en el caso de que se supere la cota de coronación de la sección. Por otra parte, las sucesivas averías que se van produciendo provocan una mayor suavidad en el talud del dique buscando un perfil de equilibrio, lo que hace que disminuya su capacidad reflejante.

COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

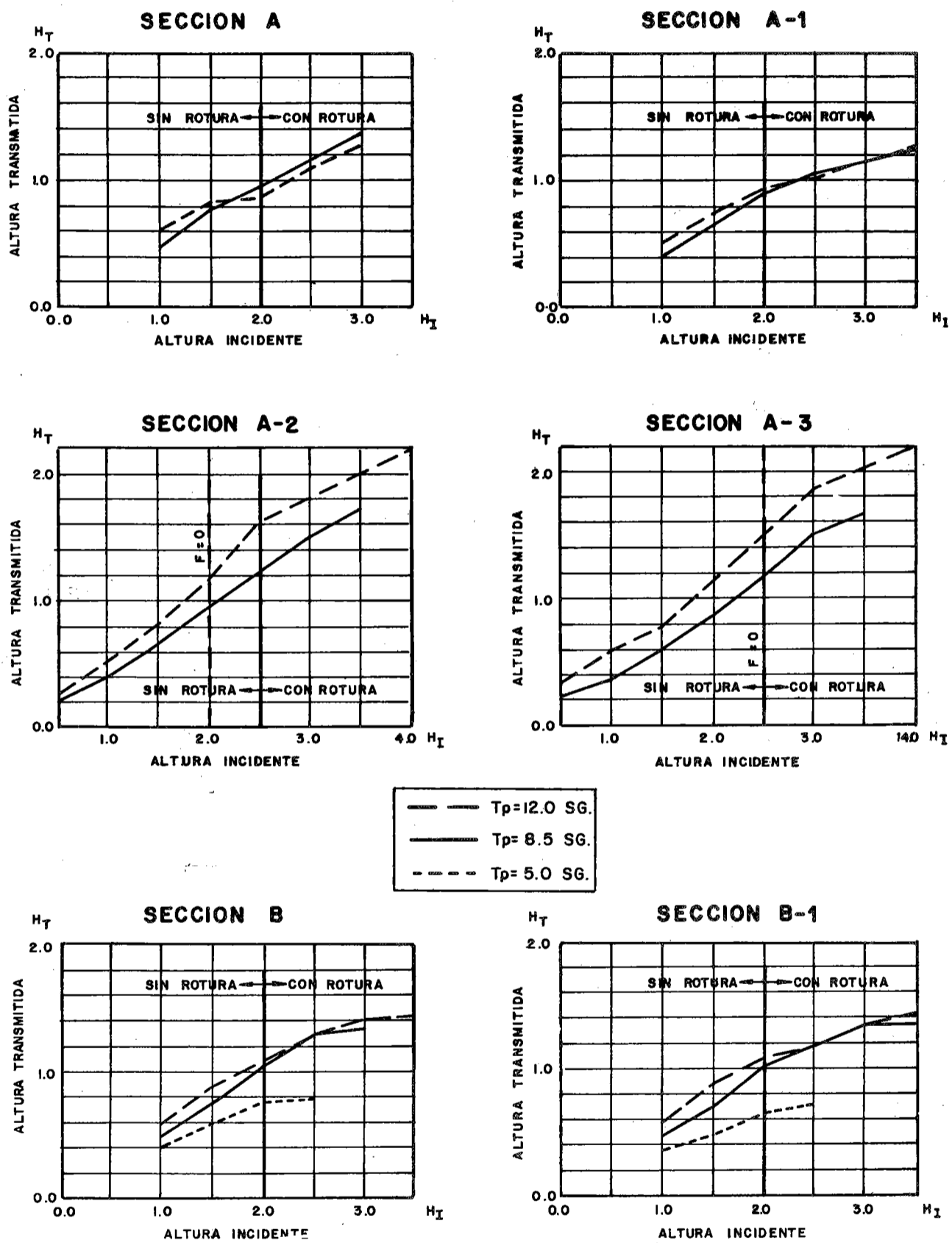


Figura 7.—Distribución de alturas transmitidas en función de alturas incidentes.

COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

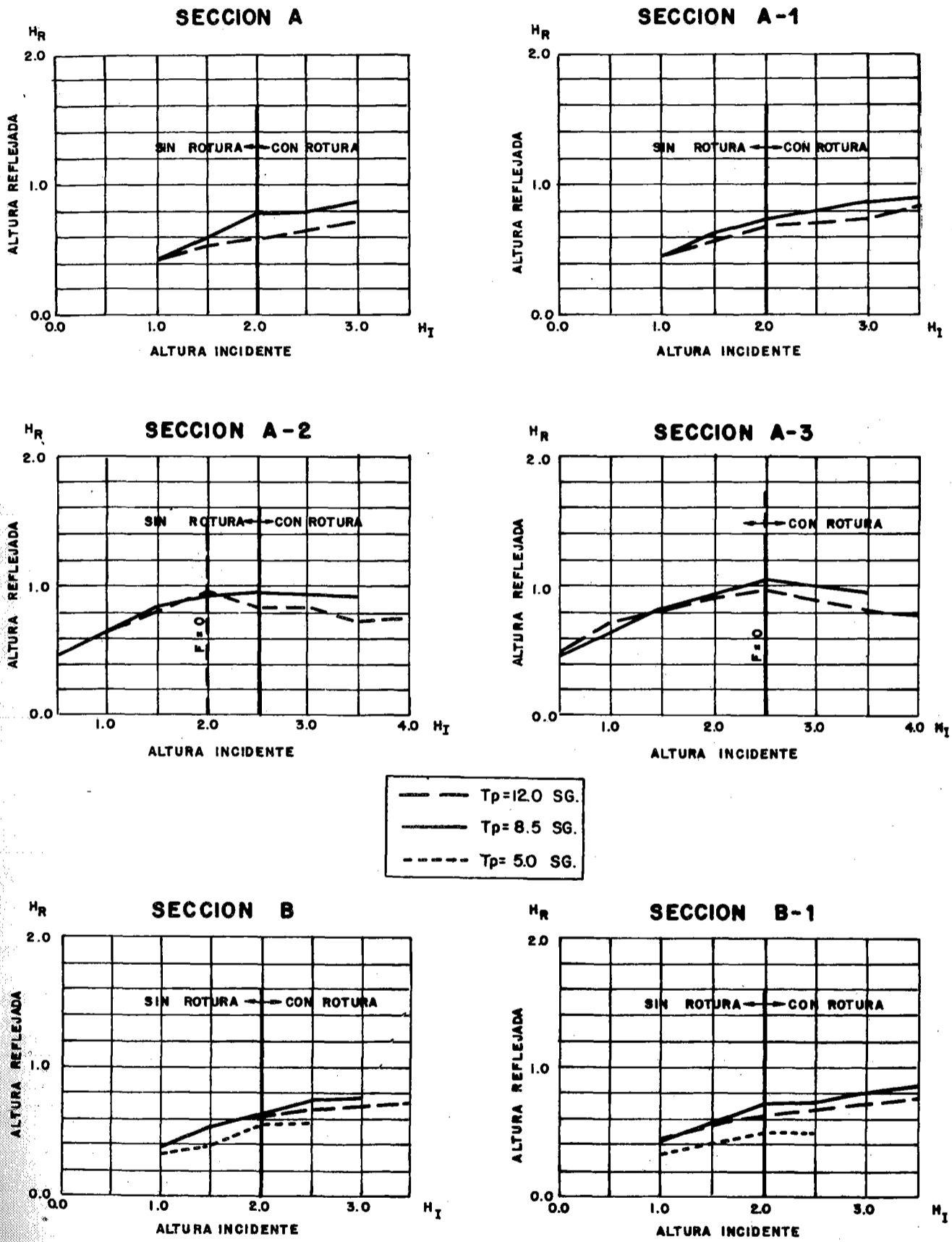


Figura 8.—Distribución de alturas reflejadas en función de alturas incidentes.

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

- A partir de  $F = 0$ , (indicador de que la cota de coronación coincide con la del N.M.R.) las alturas reflejadas sufren un importante descenso a medida que aumenta el oleaje incidente, por el contrario, las alturas transmitidas presentan un claro incremento.
- La transmisión aumenta con el período, o lo que es lo mismo con la longitud de onda. En nuestro caso, este hecho puede imputarse a que con los períodos cortos el aumento del peralte provoca mayor número de roturas de ola, con lo que la energía que llega al dique es considerablemente inferior produciéndose, de un lado, un menor número de averías, y de otro un descenso en el peralte máximo que llega al dique, por lo que es menos probable que supere la coronación del dique.
- Las secciones-tipo B y B-1 tienen menor capacidad reflejante, permitiendo una mayor transmisión que las de tipo A y A-1, a pesar de que aquellas presentan una mayor cota de coronación (+ 1,00) que éstas (+ 0,50 m). Su explicación la podemos encontrar, de un lado en el hecho de que las secciones B y B-1 presentan un talud más tendido (1,5:1) que las secciones tipo A y A-1. De otro lado, la gran inestabilidad de los cantos de la coronación de las secciones B y B-1 se hace patente con las primeras alturas de ola ensayadas, con lo que el descenso de su cota de coronación es casi inmediato; esto unido al hecho de que el ancho de la coronación de estas secciones sea considerablemente menor que las de tipo A y A-1, es sabido que facilita la transmisión del oleaje por rebase.

2. Los gráficos representativos de los coeficientes de transmisión, reflexión y disipación de energía se han realizado en base a los siguientes parámetros: peralte del oleaje ( $H/gT^2$ ), profundidad relativa del agua ( $d_s/gT^2$ ) y pesos medios de las escolleras, que nos dan una idea relativa de la mayor o menor porosidad de un dique frente a otro.

Del análisis de estos gráficos podemos realizar los siguientes comentarios:

### a) Transmisión

Como ya se ha indicado, la transmisión del oleaje se produce por rebase y/o a través del dique, supuesto éste permeable. Es obvio que la trans-

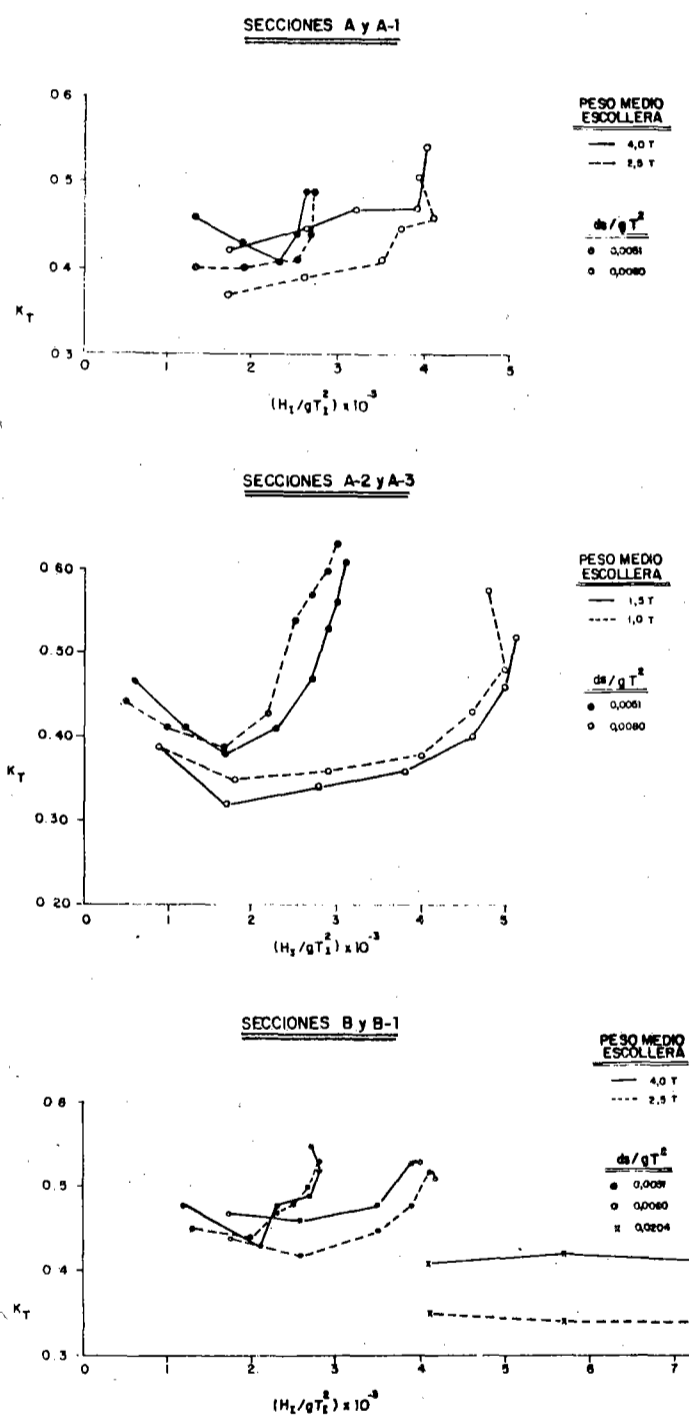


Figura 9. — Coeficiente de transmisión en función del peralte del oleaje.

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

misibilidad a través del dique dependerá de la permeabilidad del mismo, como puede comprobarse en los gráficos correspondientes. Para valores iguales del peralte y de la profundidad relativa del agua, el coeficiente de transmisión es inferior, ya que en este caso los cantos se acomodan mejor entre sí, con lo que su porosidad es menor.

Si observamos el gráfico correspondiente a las secciones A-2 y A-3, vemos que ocurre justamente lo contrario. Ello se explica en base a los estados de averías producidos. el hecho de que la pendiente en el fondo al pie del dique sea para estas secciones del 5 por 100, en lugar del 1 por 100 para las demás, justifica que el oleaje llegue a la estructura más peraltado, pues el número de olas que rompen es claramente inferior, lo que unido al menor tamaño de los cantos de escollera producen un gran número de averías en ambas secciones, significativamente mayor en la de peso medio 1,0 T que en la de 1,5 T. Ello ha motivado que la cota de coronación a lo largo de los ensayos haya descendido más para la primera sección que en la segunda, por lo que para el mismo oleaje se produce una mayor transmisión.

El peralte del oleaje influye principalmente sobre la disipación de la energía del oleaje en la pared y en el interior del dique, así como en la transmisión por rebase. El aumento del peralte aumenta la energía disipada, por lo que decrecerá la transmisión; cuando el aumento del peralte supera la coronación del dique se producirá el rebase, con el consiguiente aumento de la transmisión. El peralte del oleaje para el cual la estructura es claramente rebasable y, por lo tanto, el aumento del coeficiente de transmisión es importante, viene significativamente marcado por el valor de la profundidad relativa del agua. Igualmente observamos que el valor en la profundidad relativa del agua, nos marca la Ley de distribución de los coeficientes, tanto para la transmisión como para la reflexión.

### b) Reflexión

La porosidad del dique produce en la reflexión el efecto contrario que la transmisión, y así podemos observar en los gráficos que el poder reflajante es menor cuando el peso medio de escollera es mayor. La misma salvedad que

hicimos en el caso de la transmisión para las secciones A-2 y A-3 la hacemos ahora para la reflexión; la sección con cantos más pequeños produce menor reflexión al ser mayor la energía transmitida por las explicaciones dadas anteriormente.

Se observa también la gran disminución del

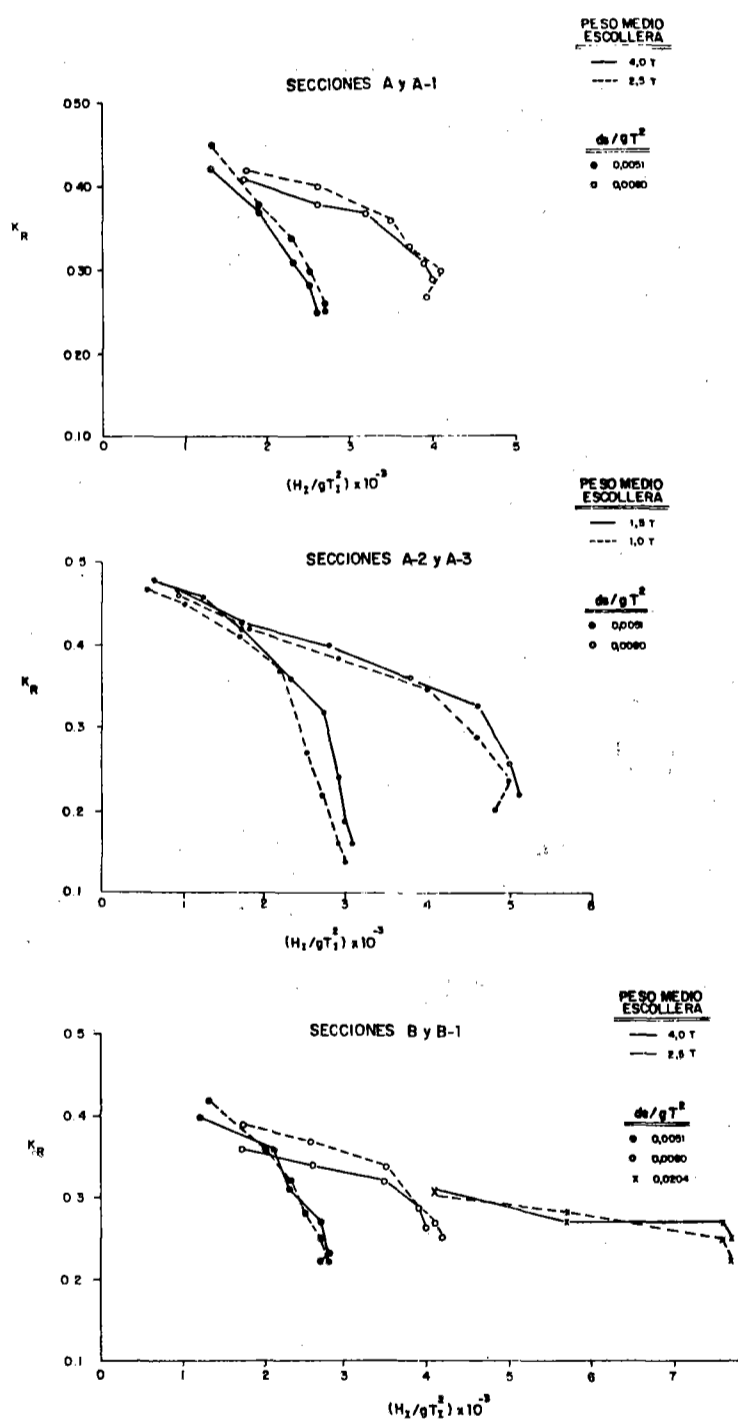


Figura 10. — Coeficiente de reflexión en función del peralte del oleaje

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

poder reflejante con el aumento del peralte; ello es debido a que dicho aumento favorece la disipación de una parte importante de la energía, amén de favorecer el rebase del oleaje hacia el trasdós del dique.

La disminución de los coeficientes de reflexión con el aumento del peralte viene motivada, además, por un efecto de geometría de la sección. Las secciones, a lo largo de los ensayos, presentan una geometría cambiante por las averías que se van produciendo en cada escalón de altura de ola. Estas averías provocan dos efectos que actúan disminuyendo el poder reflejante, de un lado la disminución de la cota de coronación permite el aumento de la energía en detrimento de la energía reflejada; de otro, las averías tienden a que las secciones adopten un perfil de equilibrio mediante la presentación de unos taludes hacia el lado-mar-ríos tendidos, lo que favorece la disminución del poder reflejante de la estructura. Este hecho se observa claramente en el gráfico de las secciones A-2 y A-3 donde vemos que los coeficientes de reflexión decrecen desde un valor máximo de 0,47 a un mínimo de 0,13, descenso que resulta bastante importante.

### c) Disipación de energía

El oleaje en su avance hacia profundidades reducidas sufre una disipación de su energía por rozamiento con el fondo antes de llegar a la sección en estudio. En los gráficos, esta disipación no se tiene en cuenta, reflejándose sólo la disipación existente en la interacción del oleaje con la estructura. En dicha interacción, la disipación se produce por rotura del oleaje en la estructura, por fricción a través de los cantos de escollera y/o por turbulencia. Evaluar individualmente estos fenómenos es una tarea difícil, si no imposible, por lo que todos ellos se engloban en un coeficiente de pérdidas totales de energía  $K_L$  de forma que:

$$K_R^2 + K_T^2 + K_L^2 = 1$$

La medida cuantitativa de  $K_L$  en un modelo con semejanza de Froude puede darnos resultados erróneos dado que intervienen, entre otras, fuerzas de fricción superficial y de viscosidad que resultan amplificadas en el modelo.

Del análisis de los gráficos correspondientes podemos hacer el comentario general del aumento de la disipación con el peralte. A medida que la estructura va sufriendo la acción del oleaje, el aumento de las averías provoca, como se dijo anteriormente, un descenso en la cota de coronación y un talud más tendido hacia el lado-mar, por lo que la disipación empieza por estabilizarse para terminar decreciendo de forma significativa.

Es importante poder dejar constancia de que existe una relación entre la turbulencia que se produce delante de la sección y la socavación

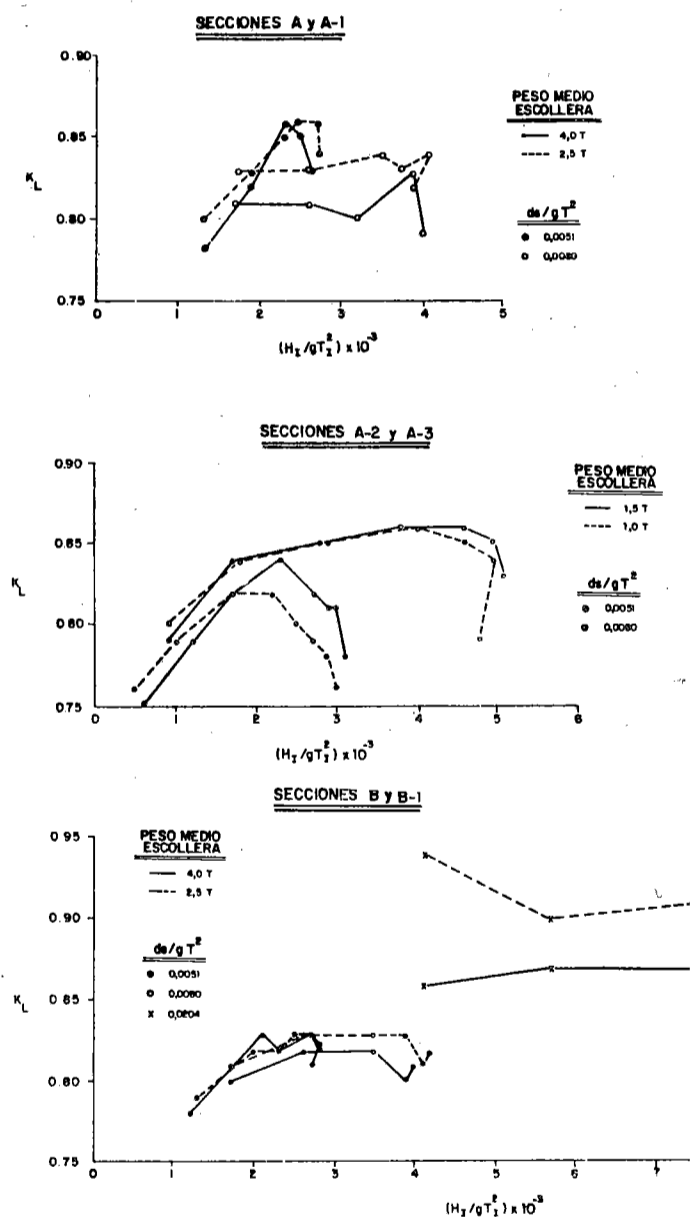


Figura 11.— Coeficientes de disipación de energía en función del peralte del oleaje.

COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

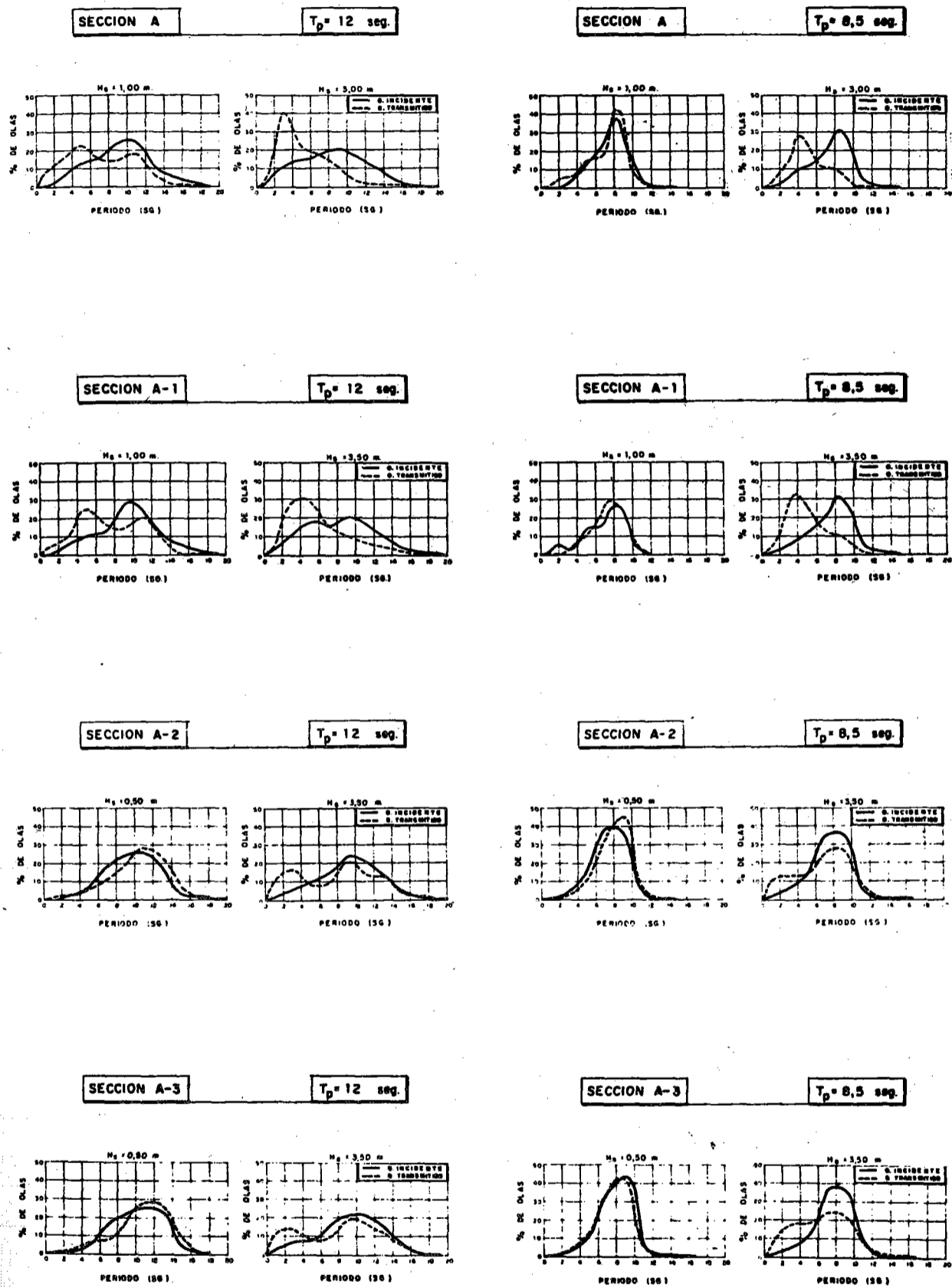


Figura 12. — Distribución de períodos incidentes y transmitidos.

COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLERA SIN NUCLEO

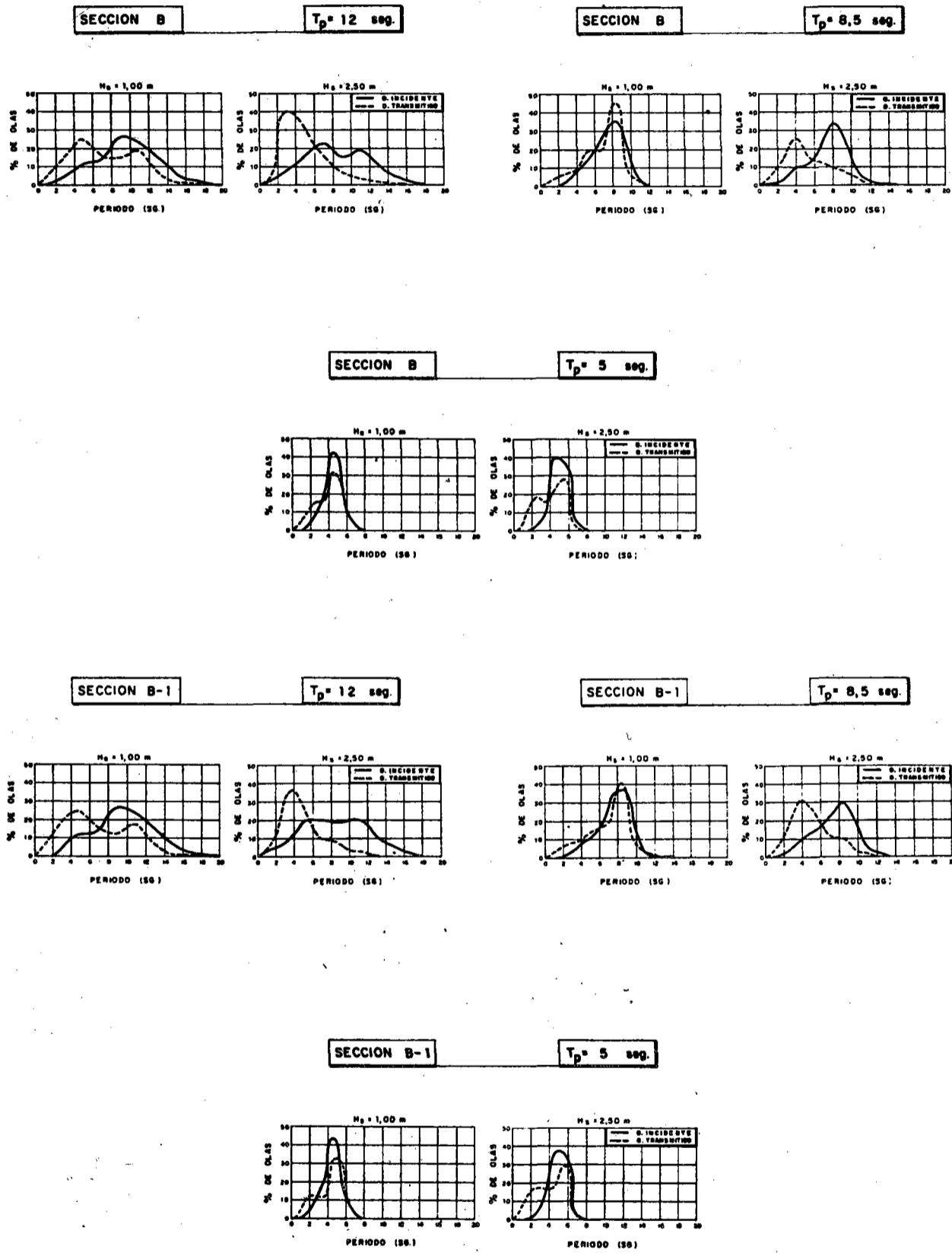


Figura 13.— Distribución de periodos incidentes y transmitidos.

## COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO DE DIQUES DE ESCOLLER

producida en el fondo a pie del dique. En los ensayos realizados para la determinación de los coeficientes de reflexión y de transmisión el fondo fue fijo, pero en ensayos posteriores se dispuso de una zona con fondo móvil para el estudio cualitativo del movimiento de arenas producido. En ellos se observó que con el aumento del período aumentaba considerablemente la socavación a pie del dique, así como el proceso de formación de una barra a una distancia aproximada de una longitud de onda. Obviamente estos cambios se producen con la consiguiente disipación de la parte de energía del oleaje necesaria para inducirlos.

Dado que con estas condiciones de fondo no se han tomado medidas de oleaje, no estamos en disposición de evaluar de forma cuantitativa tal disipación, si bien nos invita a reflexionar sobre la conveniencia o no de realizar los ensayos de transmisión y reflexión del oleaje con fondo móvil, siempre y cuando la escala a la que se realicen dichos ensayos sea lo suficientemente grande que nos permita desprestigiar los posibles efectos de escala.

### 3. Comentarios de los gráficos de distribución de períodos incidentes y transmitidos.

Si bien la magnitud del coeficiente de transmisión por rebase es, generalmente, el parámetro más importante a determinar para el diseño de un dique cuya finalidad sea la de reducir la altura del oleaje en su trasdós, existen otras características que también son claramente alteradas por la interacción entre el oleaje y la estructura, como la forma del espectro o la distribución de alturas-períodos.

En nuestro caso sólo vamos a hacer mención a la diferencia existente entre la distribución de períodos incidentes y los transmitidos.

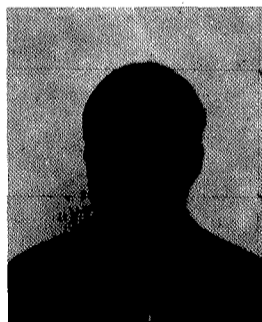
Con las primeras alturas de ola, las distribuciones de los períodos de los oleajes incidentes y transmitidos son bastante análogas. Esto se debe a que con dichas alturas la transmisión se produce, principalmente, a través de la estructura. Con el aumento de las alturas de ola, la transmisión por rebase produce en el trasdós del dique un oleaje de período más corto, lo

que se traduce en las distribuciones de hacia períodos del oleaje incidentes.

Como ya se comentó de alturas de ola incidente y transmitida, los períodos más cortos sufren un mayor proceso de rotura antes de llegar a la estructura, lo que se refleja en un menor rebase sobre la misma. Este hecho queda igualmente patente en los gráficos de distribuciones de períodos, donde podemos ver claramente como con el oleaje de  $T_p = 8,5$  seg. se produce un desplazamiento significativamente mayor que con el oleaje de  $T_p = 12$  seg.

Para las secciones-tipo A-2 y A-3, y debido al estado de averías que presentaban para la altura de oleaje de 3,5 m, las ondas incidentes no sufrían cambios importantes al transmitirse casi libremente al trasdós de la estructura, por lo que las distribuciones de períodos transmitidos sólo presentan un ligero desplazamiento, mientras que para  $H_s = 2,00$  m (su distribución no se ha representado), el desplazamiento era claramente superior, pues las averías producidas no eran lo suficientemente importantes como para permitir la libre transmisión del oleaje incidente.

### Alfonso Cajigas Delgado



Desde febrero de 1972 hasta noviembre de 1982, trabajó en el Centro de Estudios Hidrográficos del CDX colaborando en los ensayos en modelo reducido de Obras Hidráulicas.

En 1978 obtuvo el Título de Ingeniero Técnico de Obras Públicas, en la especialidad de Construcciones civiles, con la calificación final de Sobresaliente y n.º 1 de la promoción.

En 1982 pasó al Centro de Estudios de Puertos y Costas del CDX. En este Centro realizó trabajos de explotación de ensayos en modelo reducido de Obras Portuarias y de Costas, así como estudios sobre Clima Marítimo.

En la actualidad es Jefe de Sección de la Subdirección General de Explotación Portuaria del MOPU.