

CRITERIOS DE ROTURA DEL OLEAJE⁽¹⁾

(TERCERA PARTE)

JOSE MANUEL DE LA PEÑA OLIVAS (*)

RESUMEN. El presente artículo es la continuación de los aparecidos con el nombre de «Criterios de rotura del oleaje» (primera y segunda parte). En él se propone un nuevo criterio teórico de rotura de oleaje que se ha denominado «Criterio de síntesis», utilizando para ello todos los criterios de rotura de oleaje que han podido ser homogeneizados, expuestos en los artículos precedentes.

ABSTRACT. *The present article is a continuation of the ones which appeared under the title «Breaking wave criteria» (first and second part). In it, it is proposed a new breaking wave theoretical criterium which has been named «Criterio de síntesis», using all the beaking wave criteria which has been able to be homogenized, showed in the precedents articles.*

PROPUESTA DE UN NUEVO CRITERIO DE ROTURA DEL OLEAJE

A lo largo de los artículos precedentes se han expuesto; primeramente todos los criterios aparecidos hasta la fecha, separados en dos clases, según se pretendiese determinar la altura de ola en rotura o el resto de los parámetros de la ola al romper. Posteriormente dichos criterios se han transformado de tal forma que pudieran ser representados y descritos en las mismas unidades todos ellos. A continuación separándose según la pendiente de la playa, se han representado todos en una misma gráfica y se han comparado unos con otros.

Todo este trabajo únicamente posibilitaría el conocimiento de la totalidad de los criterios y la relación comparada entre unos y otros; pero el fin último perseguido con el estudio no estaría cumplido si no se diese una respuesta a: ¿qué criterio debe aplicarse? Dicha respuesta no se vería completa si no se realizasen estudios y ensayos en modelo reducido y en la naturaleza. Ahora bien, a falta de dichos estudios y ensayos, costosos y largos, a continuación se expone un nuevo criterio, síntesis de todos, o gran parte, de los aparecidos hasta la fecha, y que pretende minimizar los errores, que con la máxima «todos ellos son verdad», se produciría al aplicar uno u otro.

CRITERIO DE SINTESIS PARA EL CALCULO DE LA ALTURA DE OLA EN ROTURA

Al comparar los distintos criterios en el artículo anterior, Criterios de rotura del oleaje (segunda parte), se-

gún la pendiente de la playa, se puso de manifiesto, para todos ellos, la existencia de un área de alta concentración de criterios. En base a dichas áreas o bandas en la que se agrupan la mayoría de los mismos, se expone un nuevo criterio que los englobe, y al que el autor lo ha denominado «criterio de síntesis».

Siguiendo la misma metodología utilizada en los dos anteriores artículos, se han separado todos los criterios, según pendiente, en los mismos cinco gráficos, y sobre ellos se expone el nuevo criterio.

Gráfico 1-A

Este gráfico se corresponde con la figura 4 del artículo anterior, Criterios de rotura del oleaje (segunda parte), de los seis criterios que aparecen reflejados, tres de ellos toman valores muy similares para pendiente de la ola en altamar (H_o/L_o) comprendida entre 0,06 y 0,11; criterio III, X y XII. A partir de 0,06 H_o/L_o en disminución, los criterios I, III y X tienen un ajuste parecido.

Así cuatro criterios forman una banda en la cual los criterios insertos totalmente son tres, dándose la casualidad que éstos tienen como base las teorías de onda lineal y de stokes.

Gráfico 1-B

Una vez delimitada la banda, se representa en este gráfico los límites de la misma y sobre ella se determina la curva media; pero dicha curva media sólo es representativa de tres criterios, frente a los seis criterios que no tienen en cuenta la pendiente de la playa.

Gráfico 2-A

En este gráfico se representan los criterios para pendientes de la playa de 1/10 y para los que no tienen en cuenta la pendiente de la playa, en total doce criterios. Como se pudo apreciar en la figura 5 del artículo anterior, Criterios de rotura del oleaje (segunda parte), de los doce criterios representados, ocho se inscriben en una banda de ancho medio 0,2 de H_b/H_o, lo que repre-

(1) Este artículo es parte de un trabajo realizado en 1987 por el CEPYC-CEDEX para la Dirección General de Puertos y Costas.

Resumen de la Tercera Parte de los Criterios de Rotura del Oleaje

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos e Ingeniero Técnico de Obras Públicas. Jefe de Estudios Litorales del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (MOPU).

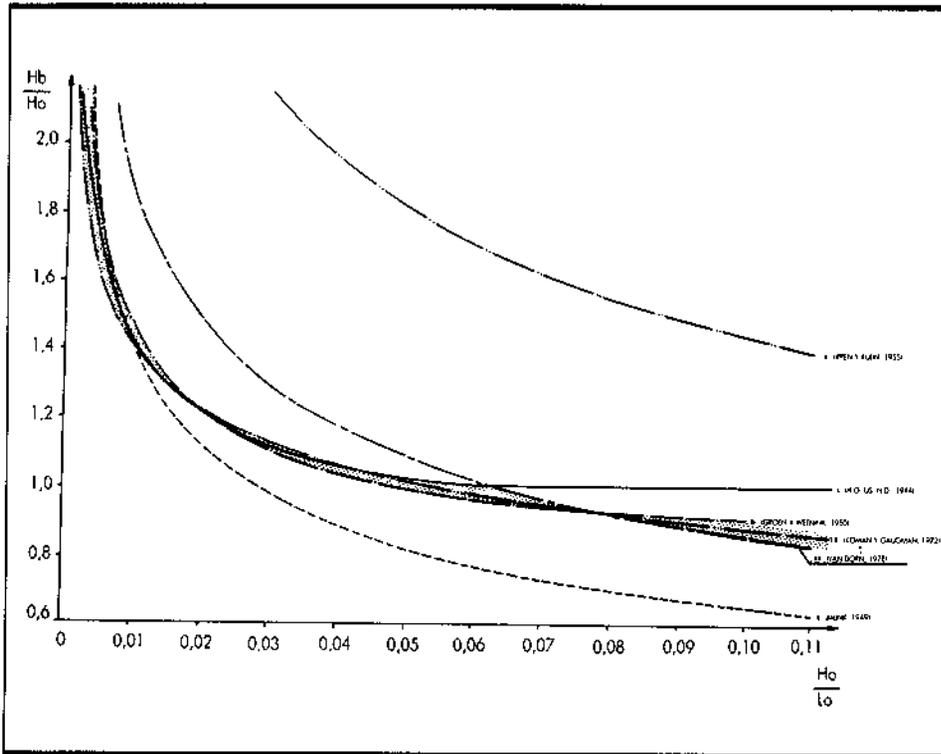


GRAFICO 1A. Criterios que no tienen en cuenta la pendiente de la playa.

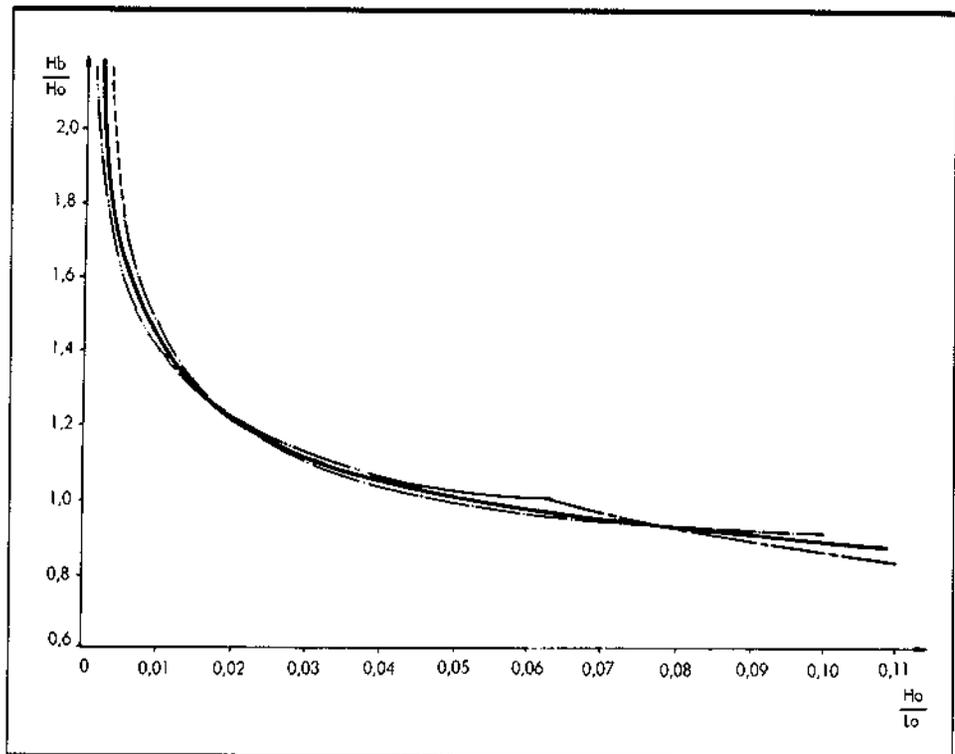


GRAFICO 1B. Criterio que no tiene en cuenta la pendiente de la playa. (Criterio de síntesis.)

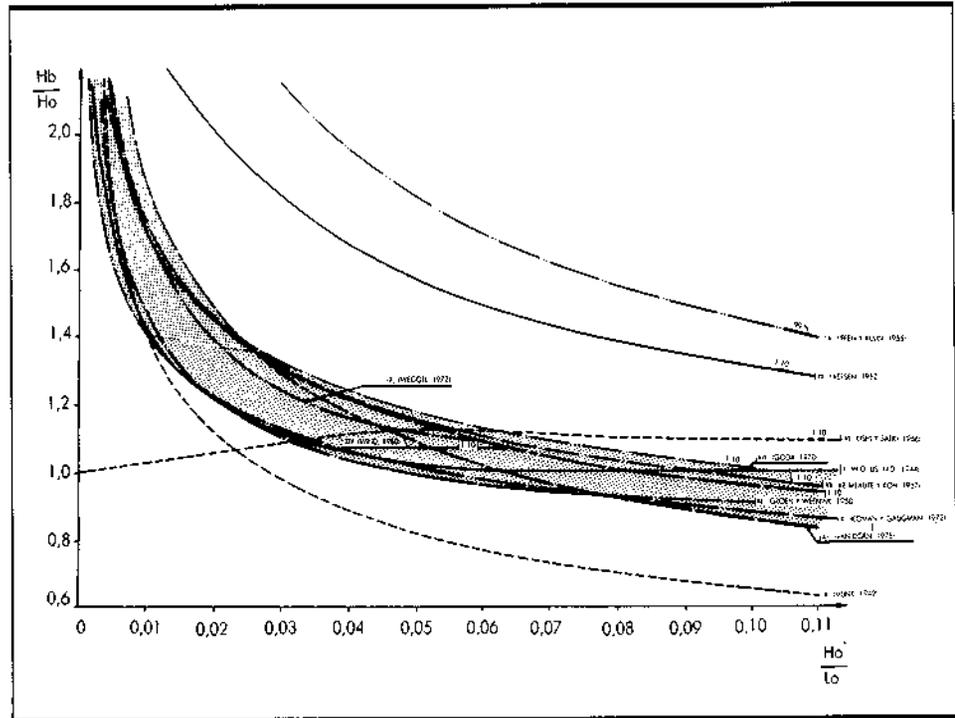


GRAFICO 2A. Pendiente 1:10.

senta un porcentaje medio de 67 %; si bien, considerando únicamente los criterios basados en la teoría de onda lineal, ocho en total, y en la teoría de onda de stokes (2 orden), uno en total, los criterios inscritos en la banda son ocho frente a un total de nueve. Con la salvedad que el criterio no inserto —Iversen— fue utilizado ya por al menos tres de los autores cuyos criterios se inscriben. Con lo que el porcentaje alcanzaría el total de los criterios que utilizan la teoría de onda lineal o la teoría de onda de stokes, coexistiendo tanto los criterios experimentales como los teóricos.

Gráfico 2-B

Con las premisas apuntadas en el párrafo anterior se ha inscrito en este gráfico la curva media de dicha banda, suponiéndola como la más representativa.

Gráfico 3-A

Continuando las premisas apuntadas en el gráfico 2-A, para pendientes de 1/20 se verifica la misma tónica señalada, esto es: salvo el criterio de Iversen, el resto de los criterios, basados en la teoría de onda lineal y la teoría de onda de stokes de 2 orden, se encuentran costreñidos en una banda de ancho comprendido entre 0,1 y 0,2 de Hb/Ho, con la puntualización de que los datos obtenidos por Iversen han sido utilizados en al menos tres de los criterios encuadrados.

Gráfico 3-B

Así pues, como en el caso precedente se inscribe la curva media de la banda referida, como curva más repre-

sentativa del total de los criterios para pendientes de playa de 1/20.

Gráfico 4-A

Para pendientes de playa de 1/30, la banda mencionada reiteradamente es de similar anchura, oscilando entre 0,1 y 0,2 de Hb/Ho; aunque debe hacerse las siguientes puntualizaciones: El criterio de Weggel se encuentra algo alejado de la banda para valores comprendidos entre 0,04 y 0,015 del peralte de la ola en altamar, con valores extremos de 0,1 de Hb/Ho. El criterio de Iversen se encuentra más próximo a la banda, cuantificada de proximidad entre 0,07 y 0,22 de Hb/Ho. Por lo que puede afirmarse que permanece el porcentaje de criterios inscritos en la banda y basados en las dos teorías de onda, lineal y de stokes de 2 orden.

Gráfico 4-B

Sobre la banda apuntada en el apartado anterior se ha determinado la curva media representativa de la misma.

Gráfico 5-A

Como se puede apreciar en el gráfico correspondiente a pendientes de playa de 1/50, éste sigue la misma tónica apuntada en el gráfico anterior, pendiente de playa de 1/30; pero la banda en la que se inscriben los criterios toma anchuras mayores, oscilando entre un valor medio del 0,25 de Hb/Ho.

El criterio de Iversen se aproxima más al extremo superior de la banda, introduciéndose en ella para valores extremos del peralte de la ola en altamar. Por el

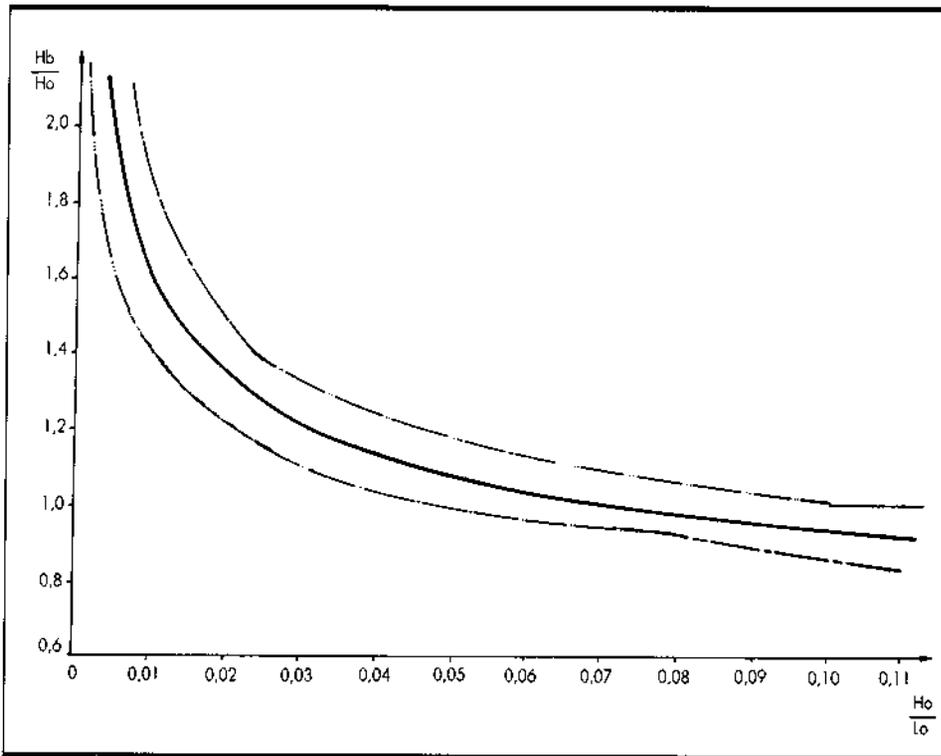


GRAFICO 2B. Pendiente 1:10.
(Criterio de síntesis.)

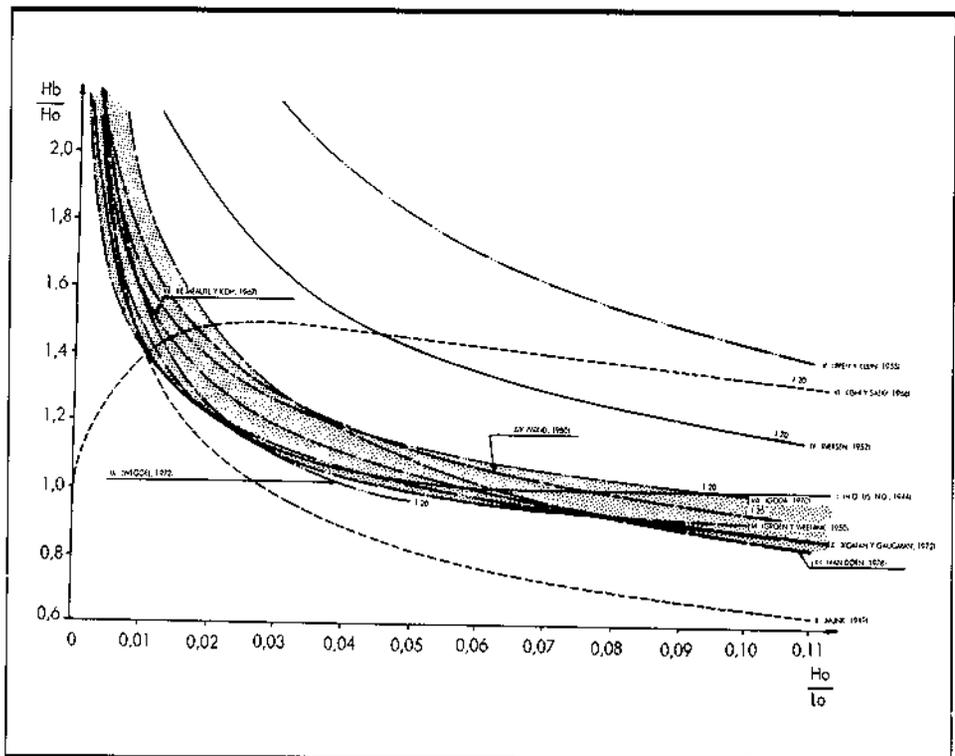
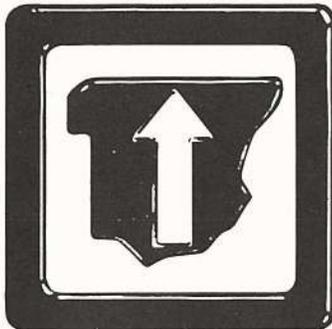


GRAFICO 3A. Pendiente 1:20.

España, a toda marcha.



Ha llegado el gran momento para España. Nuestra definitiva incorporación al bloque de países más desarrollados, así como los próximos acontecimientos del

92 tienen también un destacado reflejo en todo lo relativo al Tráfico y la Seguridad Vial.

La administración destinará 1 billón de ptas. en mejora y ampliación de la red viaria y 20.000 millones en sistemas de regulación de tráfico e información al usuario. Por tanto, Vd. tiene en Trafic 90 la mejor plataforma para abrir nuevas vías de desarrollo a su negocio. Una ocasión incuestionable.

Trafic y Sicur, Salón Internacional de la Seguridad coinciden en su celebración

De esta forma, el número de visitantes profesionales se eleva considerablemente, al tiempo que se multiplica el impacto de los mensajes publicitarios.

SALON DE LA SEGURIDAD VIAL

trafic '90

**TRAFIC 90. MADRID.
DEL 6 AL 9 DE MARZO.**

SECTORES

Sistemas de Instalaciones de Ordenación y Regulación de Tráfico.
Equipos para Aparcamientos.
Equipos para la Vigilancia de Tráfico.
Equipos y Sistemas para la Iluminación de Viales.
Métodos para la Detección y Prevención de Deslizamiento en Carreteras.
Productos y Servicios para la Gestión del Mantenimiento de Carreteras.
Equipos para Areas de Descanso.
Equipos de Asistencia a inválidos en la Circulación.
Señalización Vertical y Horizontal de Viales.
Sistemas de Balizamiento y Barreras de Seguridad.
Equipos para Reconocimientos Médicos (Permisos de Conducción).
Empresas de Obra Civil (Constructoras).
Servicios de Emergencia (Asistencia Mecánica y Sanitaria).
Entidades Aseguradoras.
Equipos para Control Técnico de Vehículos.
Equipamiento de Seguridad para Automóviles.
Equipos para la Seguridad de Peatones.
Equipamientos para Automóviles relacionados con la Seguridad Vial.
Automóviles para Ayuda en Carretera.
Asociaciones y Organismos.
Prensa Especializada.



IFEMA INSTITUCION FERIAL DE MADRID
Recinto Ferial de la Casa de Campo
Avda. Portugal, s/n. 28011 Madrid. Tel. 470 10 14

AIRLINES OF SPAIN
IBERIA
LINEAS AEREAS DE ESPAÑA



ADOQUINES FABRICADOS POR: VANGUARD HORMIGÓN MOLDEADO, S.A.

Aparcar en color

Bayer tiene la solución para alegrar y embellecer parques, jardines, calles, plazas, andenes, zonas peatonales y por supuesto, aparcamientos, sin perder las propiedades mecánicas de los adoquines de hormigón, material básico de los pavimentos.

Los pavimentos de adoquines coloreados con Bayferrox® son resistentes a las inclemencias meteorológicas. Igual que los grises adoquines tradicionales, son de fácil colocación y no resbalan. Los nuevos



adoquines, con Bayferrox incorporado, no se decoloran y no requieren un mantenimiento especial.

Los pigmentos inorgánicos Bayferrox pueden aplicarse a cualquier pavimento y transformar espacios urbanos habitualmente tan grises como un aparcamiento, en zonas de gran belleza y colorido. En el futuro, ya no ha de aparcarse su idea del color; cualquier problema puede resolverlo con Bayferrox.

Bayer 

Pigmentos inorgánicos
Bayferrox

El color a lo grande

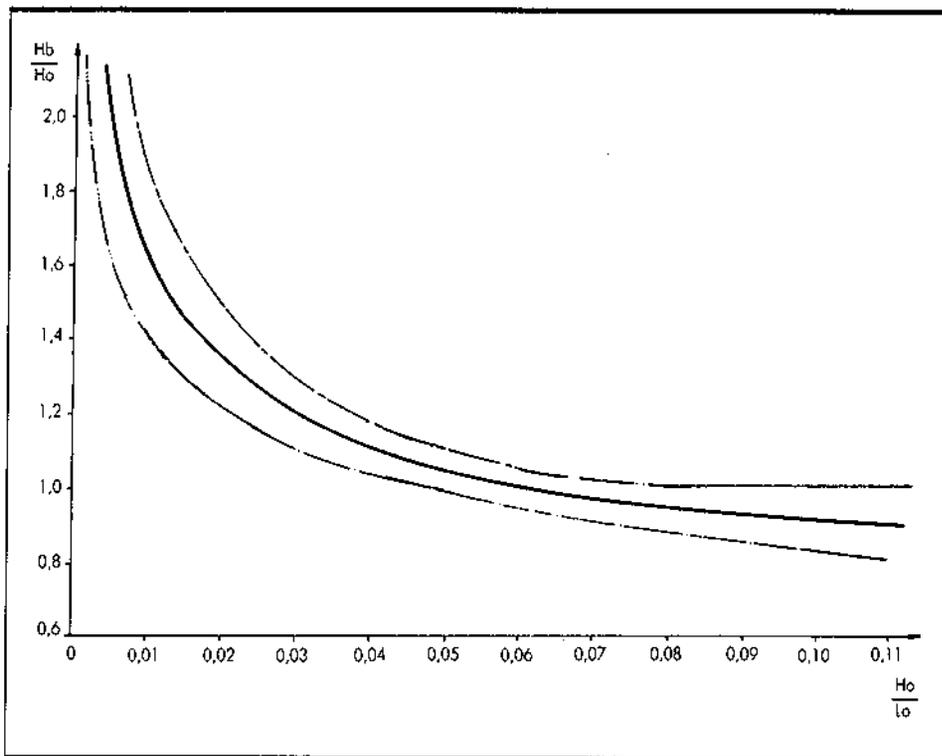


GRAFICO 4B. Pendiente 1:30.
(Criterio de síntesis.)

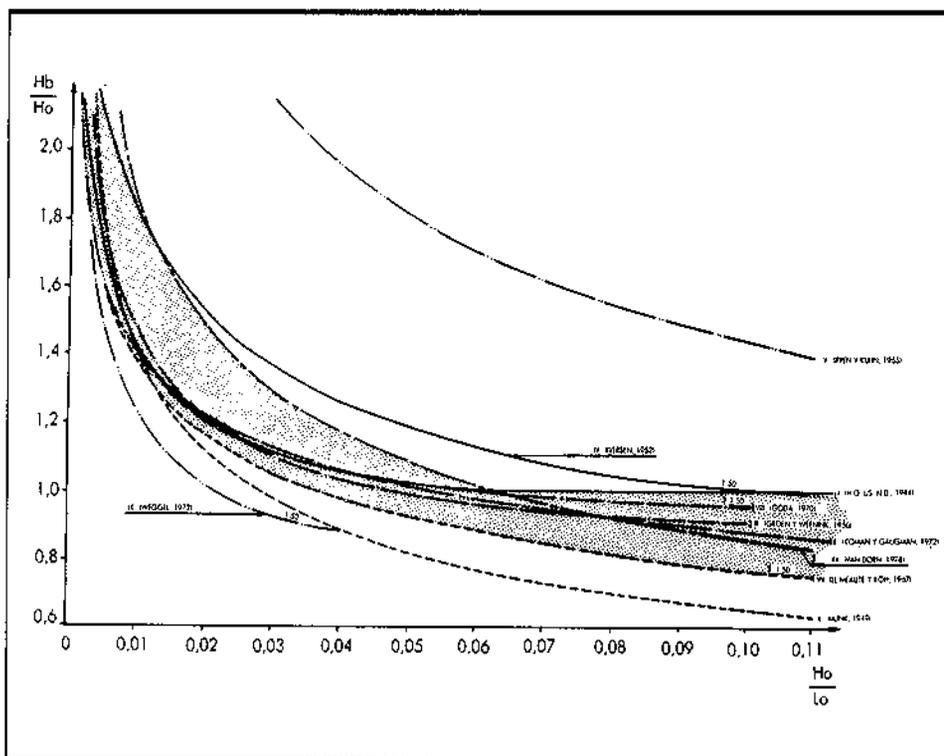


GRAFICO 5A. Pendiente 1:50.

contrario el criterio de Weggel se ve alejado más del extremo inferior de la banda; si bien, parece que uno y otro aserto son compensables.

Gráfico 5-B

Sobre la banda, envolvente de los criterios basados en la teoría de onda lineal y la teoría de onda de stokes, se ha dibujado la curva de dicha area envolvente y representativa de la misma.

Como gráfico final, se han representado conjuntamente las curvas medias de las envolventes de los criterios basados en las teorías de onda lineal y onda de stokes, para las pendientes de la playa de 1/10, 1/20, 1/30 y 1/50.

CRITERIO DE SINTESIS PARA EL CALCULO DEL PUNTO DE ROTURA DEL OLAJE

La comparación efectuada y expuesta en el artículo anterior, Criterios de rotura del oleaje (segunda parte), de los diversos criterios existentes en la actualidad, para determinar el punto de rotura de oleaje, puso de manifiesto la existencia de dos grupos de criterios claramente diferenciados: el primero son aquellos criterios en los que resulta Hb/Db una constante; el segundo grupo lo forman los criterios que, por contra, Hb/Db depende del peralte de la ola en rotura.

El primero de los grupos resulta el más numeroso y prolífico en criterios, diecisiete criterios de un total de veintidós; si bien, uno depende de la pendiente de la playa, cuatro en total, no siendo así para el resto. Es

también significativo que de los diecisiete criterios, quince se basen en la teoría de onda solitaria, doce de estudios teóricos y tres de estudios experimentales; uno en la teoría de onda lineal, Collins, siendo un estudio teórico.

El segundo de los grupos está formado por tres criterios: Miche, Ostendorf-Madsen y Weggel. Cada uno de los cuales se basan en teorías distintas; lineal, solitaria y stokes, y solitaria.

A continuación, y siguiendo la metodología utilizada en todo el estudio, se analiza y propone un nuevo criterio en base a los anteriores mediante los cinco gráficos expuestos en el artículo anterior, Criterios de rotura del oleaje (segunda parte); figuras 9, 10, 11, 12 y 13.

Gráfico 1

Corresponde a aquellos criterios que no toman en consideración la pendiente de la playa. Sobre dicho gráfico se ha ensombrecido la banda de ancho 0,12 de Hb/Db. En dicha banda se encuentran la mayoría de los criterios pertenecientes al primer grupo, con un total de once criterios de los trece existentes para esta situación. Por lo tanto, suponiendo todos los criterios ciertos, esto es, con la misma probabilidad de veracidad, en dicha banda se trabaja con una probabilidad del 84,6 %. El valor medio ponderado de la franja es de 0,813 de Hb/Db y se toma como valor más representativo.

Gráfico 2

Vienen representados los criterios para pendiente de playa de 1/10. Se ha ensombrecido sobre ella la banda

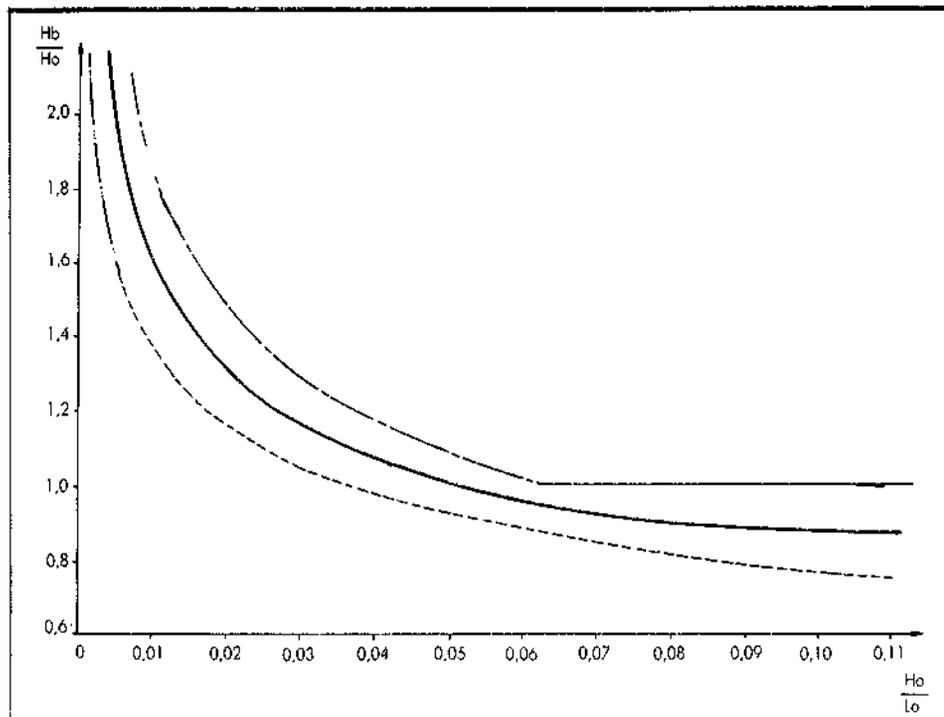
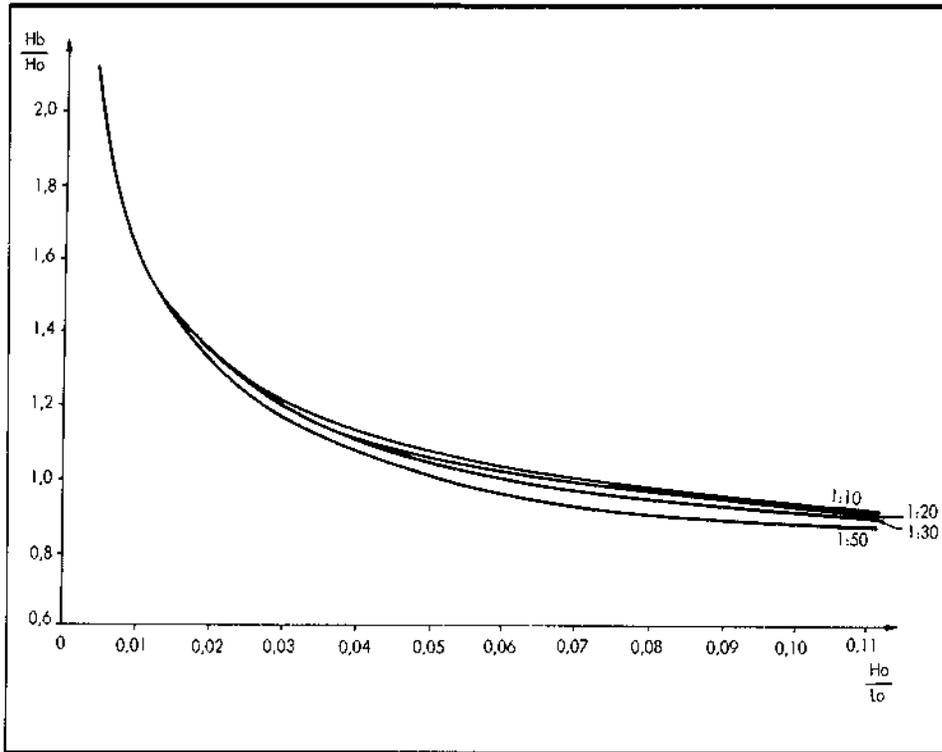


GRAFICO 5B. Pendiente 1:50. (Criterio de síntesis.)



Criterio de síntesis.

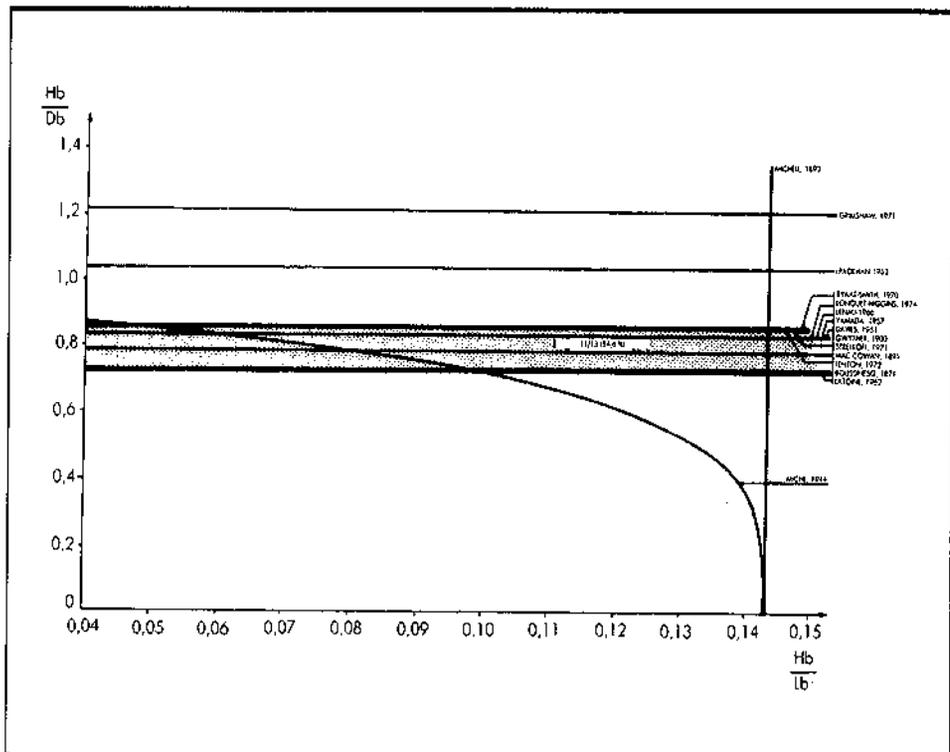


GRAFICO 1. Criterios que no tienen en cuenta la pendiente de la playa.

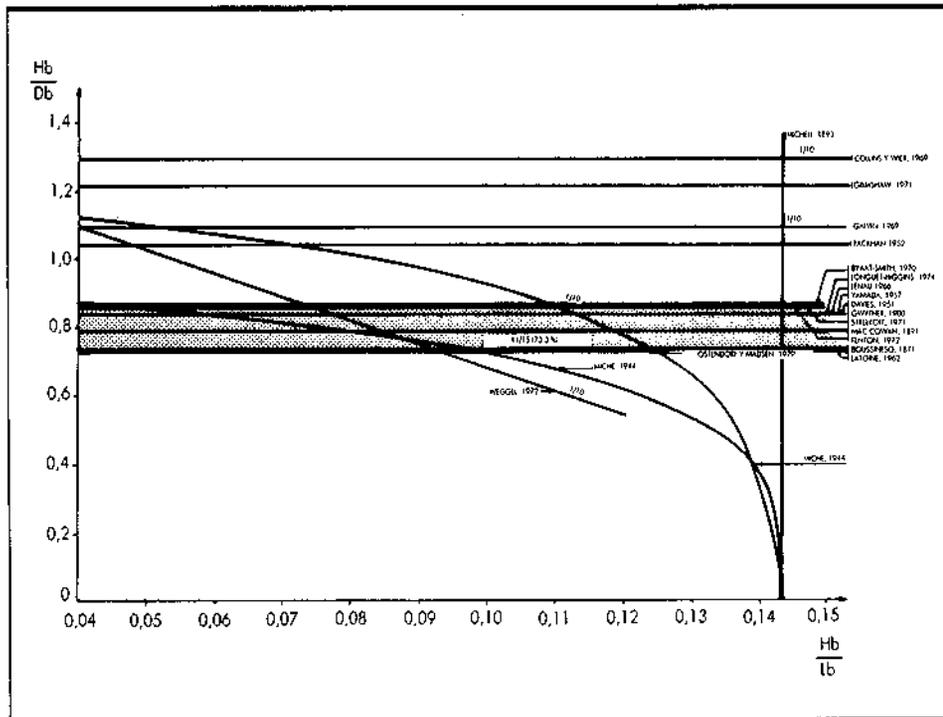


GRAFICO 2. Pendiente 1/10.

que da mayor índice de concentración de criterios. La banda tiene un ancho de 0,12 de Hb/Db, con once de los quince criterios del primer grupo, lo que da una probabilidad de veracidad de la banda del 73,3 %. El valor medio ponderado de la franja se sitúa en 0,813 de Hb/Db, tomándose como representativa de la misma.

Gráfico 3

Para pendientes de la playa de 1/20, la banda de concentración de criterios, ensombrecida en el gráfico, tiene un ancho de 0,12 de Hb/Db, envolviendo doce de los quince criterios del primer grupo, por lo que la probabilidad de veracidad de la banda se sitúa en el 80,4 %. El valor medio ponderado de la franja se sitúa en 0,807 de Hb/Db, tomándose como representativo de ésta.

Gráfico 4

La banda que aglutina mayor número de criterios del primer grupo, ensombrecida en el gráfico, para pendientes de la playa de 1/30, tiene un ancho de 0,12 de Hb/Db, inscribiéndose en ella doce de los dieciséis criterios. Así su probabilidad se sitúa en el 75 %, tomando como valor medio ponderado de 0,806, representativo de la banda.

Gráfico 5

De la misma banda descrita reiteradamente en los gráficos anteriores, de ancho 0,13 de Hb/Db y ensombrecida en el dibujo, tiene para pendientes de la playa de 1/50 trece de los diecisiete criterios del primer grupo, lo que le da un porcentaje de veracidad del 76,5 % con una

media que se sitúa en un valor de 0,808 de Hb/Db y que se toma como representativa de la misma.

Del estudio de todos los gráficos anteriores, se aprecia que existe una franja o banda de criterios del primer grupo constante de 0,12 de Hb/Db de ancho, y en la cual su media oscila, dependiendo de la pendiente de la playa en torno a 0,81 de Hb/Db, con un porcentaje de concentración de criterios que se sitúa en torno al 78 %. Todo ello indica que el valor más probable, representativo de estos criterios, es constante para cualquier valor de la pendiente de la playa, no dependiendo de la misma. Así pues, si se hace la media ponderada para cada valor de cada tipo de pendiente de la playa, resulta como valor más probable:

$$Hb/Db = 0,81$$

Ahora bien, el valor dado por el «criterio de síntesis» sólo determina la profundidad en rotura dejando indeterminado el valor que adquiere la longitud de onda de la ola instantes antes de romper (Lb). Para determinarla se recurre a utilizar el segundo grupo de criterios, tal y como se expone a continuación, determinando, por tanto, el «Criterio de síntesis» todos los parámetros afectos a la rotura del oleaje tal y como se pretendía a comienzo del estudio.

El segundo grupo está compuesto por tres criterios: Miche, Ostendorf-Madsen y Weggel. La comparación entre ellos se ha realizado ya en el artículo precedente,

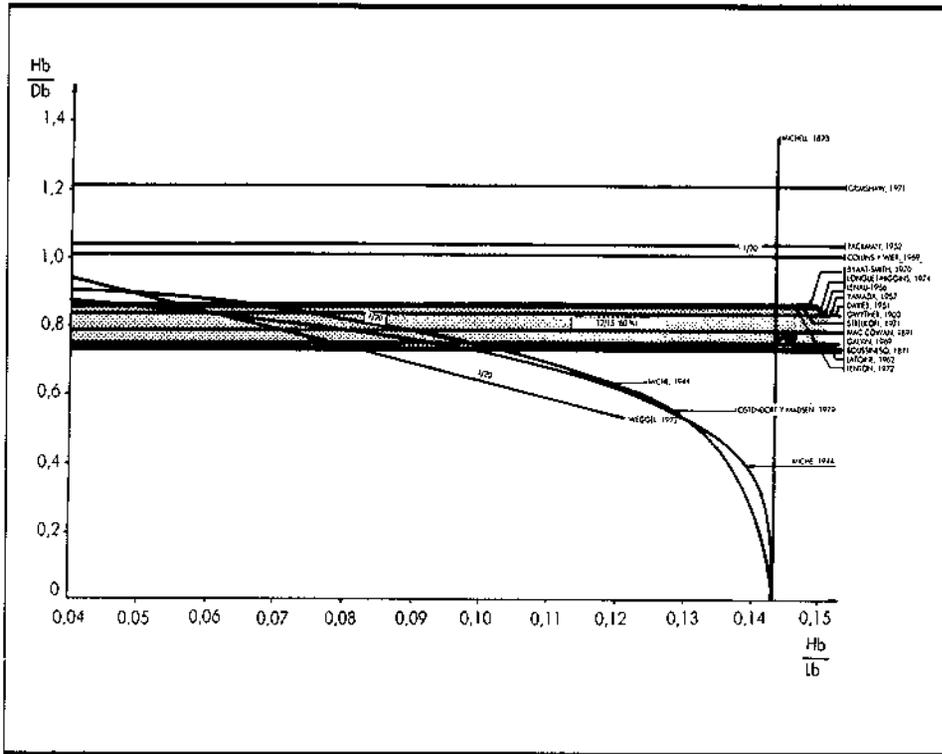


GRAFICO 3. Pendiente 1/20.

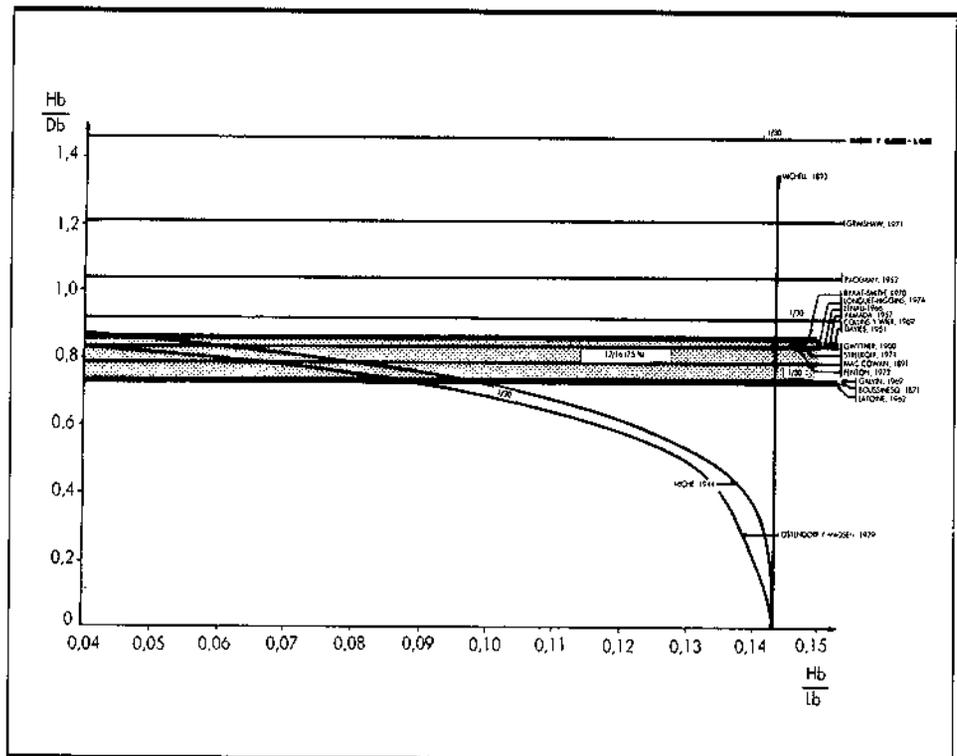


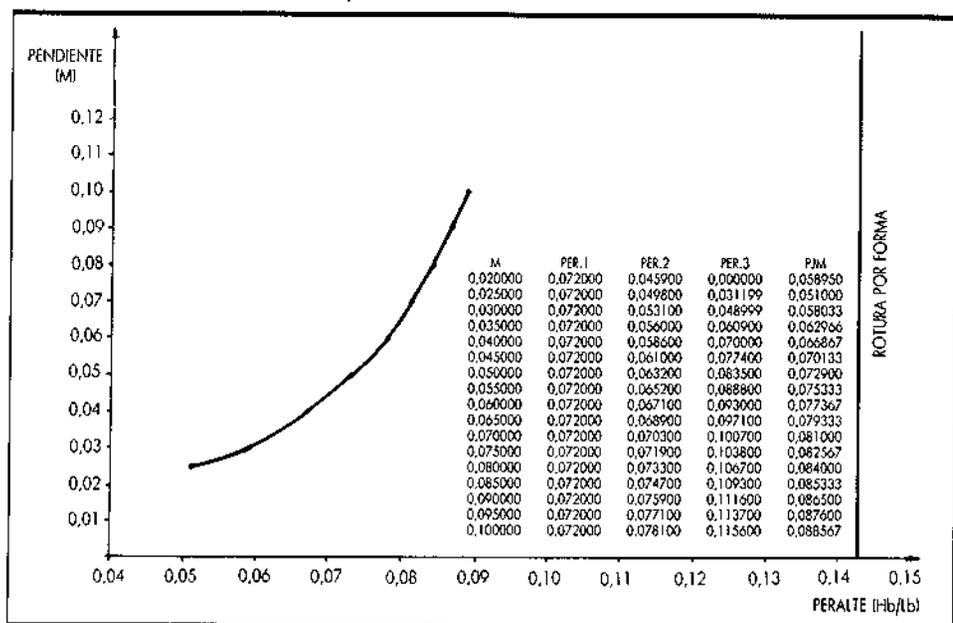
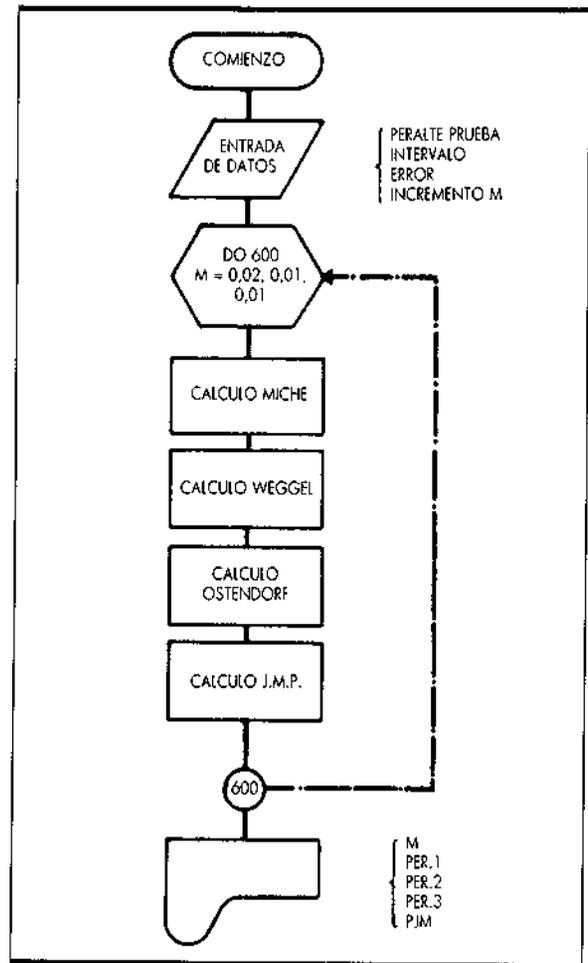
GRAFICO 4. Pendiente 1/30.

Criterios de rotura del oleaje (segunda parte). Como se puso de manifiesto en éste, las diferencias entre los tres criterios oscila según la pendiente de la playa entre: 0,25 de Hb/Db, para 1/10; 0,04 de Hb/Db, para 1/20; 0,04 de Hb/Db, para 1/30 y 0,085 de Hb/Db, para 1/50.

Ahora bien, si las diferencias se toman no en valores de Hb/Db sino en valores del peralte de la ola previa a la rotura Hb/Lb, estas diferencias oscilan, para valores próximos a 0,81 de Hb/Db entre: 0,045 de Hb/Lb, para 1/10; 0,0175 de Hb/Lb, para 1/20; 0,015 de Hb/Lb, para 1/30, y 0,04 de Hb/Lb, para 1/50. Dichas oscilaciones, sobre todo en las pendientes tomadas, extremas, de la playa; 1/10 y 1/50, son debidas principalmente a las diferencias existentes entre los dos primeros criterios.

Así pues, el intervalo de variación del peralte de la ola previo a la rotura es grande, no existiendo, por tanto, una banda más o menos estrecha representativa. A falta de esto puede optarse por dos caminos para determinar la longitud de onda previa a la rotura: o utilizar uno de los criterios ya enunciados, o bien, suponiendo que los tres son ciertos, determinar la media de los tres criterios. Si se opta por este último camino, para cada pendiente de la playa habría que calcular la longitud de onda previa a la rotura y posteriormente determinar la media. A continuación se presenta resuelto este último problema, por medio de un programa de ordenador realizado por el ingeniero técnico y físico Manuel Sotillo Membibre, para un intervalo de pendiente de la playa comprendido entre 1/50 y 1/10.

Con los datos suministrados por el programa se determina un gráfico que relaciona la pendiente de la playa con el peralte de la ola previa a la rotura.



Criterio de síntesis.