

El perfil de la playa y sus factores de equilibrio (*)

Por C. GARAU

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

La determinación del perfil de equilibrio de las playas depende de una serie de factores, ya estudiados por el autor en trabajos anteriores, sobre los cuales se exponen diversas matizaciones que permitirán una aplicación correcta de las fórmulas existentes.

1. PRESENTACION

El artículo publicado en la Revista de Obras Públicas de marzo de 1989, titulado «El perfil de la playa y el tamaño de la arena (3)» es, en su mayor parte, la versión castellana del trabajo presentado en la sesión 9B del día 27 de junio de 1988 en la 21st International Conference on Coastal Engineering, en Torremolinos. Aunque no se incluye en los correspondientes Proceedings, por no haberse sometido previamente al comité de selección de la ASCE, ha sido comentado favorablemente por varios investigadores: D.H. Swart, M.R. Barnett, P. Vellinga, H. Steetzel, J.V. Overeem. En él se resume la teoría del autor sobre el perfil de la playa y se indican algunos aspectos de su aplicación a las playas con marea, a las de perfil incompleto y a las situaciones de transporte frontal. Los principales factores de equilibrio del perfil se recogen en la Tabla 1.

El último factor tan solo se sugiere en el artículo mencionado, pero en el publicado por la Revista de Obras Públicas en mayo de 1989, bajo el título «Ingeniería de Costas: soluciones duras o blandas versus condiciones genéticas» se consigue su estimación, de manera que permite una valiosa orientación frente a múltiples problemas de la Ingeniería de Costas, como pueden ser las

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de agosto de 1990.

pérdidas por transporte hacia altamar en casos de realimentación artificial, las autoalimentaciones naturales de las playas artificiales encajadas y otros casos en donde juega su papel un transporte frontal neto de sedimentos.

Otro objetivo que ahora nos ocupa es subsanar diversos errores deslizados en el texto y presentar la corrección de un aspecto que hasta ahora no se había podido evaluar con suficiente detalle: la profundidad d_p del punto P que, en el perfil esquemático C. Garau, corresponde a la transición entre rotura de la ola incidente y reflexión de la ola residual. Asimismo se harán diversos comentarios sobre el perfil teórico y su ajuste a la realidad.

Para las nuevas ecuaciones que será preciso introducir, se parte de la numeración utilizada en la R. de O.P. de marzo de 1989, págs. 161 a 175, no considerándose necesario definir de nuevo todos los parámetros y variables utilizados en dicho artículo.

2. CORRECCIONES Y REAJUSTES

En la Tabla 2 y en las nuevas Figuras 1, 2 y 4 se recogen los errores observados, así como el reajuste del modelo mediante una nueva evaluación de la profundidad d_p según la ecuación:

$$d_p = 0,6 H_r \quad (17)$$

Las ecuaciones fundamentales que ligan las variables del proceso y las características del per-

TABLA 1

FACTOR	FORMA DE EVALUARLO EN LA TEORIA C. GARAU
Sedimento	$V \sqrt{f}$ = raíz cuadrada de la velocidad de caída, en el agua del mar, de las partículas del tamaño mediano D_{50} .
Clima local	K_a = coeficiente de abrigo ($K_a = H/O$, $1276 T^{3/2} = K_w K_r K_d$).
Base de apoyo	F_p = factor de fondos frontales.
Transporte frontal	F_q = factor de transporte frontal a largo plazo.

fil definido en la Figura 1.a y 1.b están recogidas en la Figura 1.c, a excepción del factor del transporte frontal a largo plazo, y se pueden condensar en los dos parámetros de semejanza del perfil:

Parámetros de reflexión Gr, que gobierna la pendiente del frente de playa mediante la relación sencilla:

$$\tan \delta' = 5,414 Gr \quad (31)$$

$$\text{siendo } Gr = \frac{V \sqrt{Vf}}{V_g T} \quad (32)$$

El parámetro de reflexión Gr es por tanto la raíz cuadrada del cociente de dos velocidades: la de caída de las partículas de tamaño mediano en el agua y la de caída libre por acción de la gravedad durante el período.

Parámetro de rotura Gs, que gobierna la pendiente de la playa sumergida mediante la relación sencilla:

$$ms = 0,0024 Gs Fp Fq \quad (33)$$

donde ms es la pendiente definida por dos puntos del perfil: la orilla O y el límite del transporte significativo M (Fig. 1). El parámetro de rotura o asomeramiento viene dado por la ecuación

$$Gs = \frac{Gr}{H / g T^2} = \frac{1}{0,1276 (m s^{-3/2})} \frac{V_g \sqrt{Vf}}{Ka} \quad (34)$$

mientras el factor Fp viene dado por las ecuaciones (19), (24) y (26) y el factor Fp se puede estimar en función de caudal de transporte frontal q que, a largo plazo, se transforma en transporte longitudinal y sale (+) del perfil por unidad de longitud de orilla o viceversa (-). Si expresamos en m³/año los caudales q por metro de longitud de orilla del perfil activo, el factor Fq vendrá dado por la expresión:

$$Fq = \frac{30 - q}{30} \quad (35)$$

Esta última expresión se obtiene en base a la ecuación

$$q = 30 \left[1 - \frac{(ms) R}{(ms) T} \right] \quad (36)$$

que corresponde a la vertida en la página 354 de la Revista de Obras Públicas de mayo de 1989, si bien se ha redondeado y referido a la pendiente auxiliar ms en lugar de la de rotura ms. Nótese que por definición:

$$Fq = \frac{(ms) R}{(ms) T} \quad (37)$$

pues (ms)R es la pendiente real de la playa, que debería obtenerse con la ecuación (33), mientras que (ms)T se refería a la pendiente dada por la ecuación (18) (pág. 167 de la R.O.P. marzo 1989) que prescindía del factor Fq.

3. PUNTUALIZACIONES

3.1. Sobre la definición del perfil

Una de las circunstancias que hacen difícil de abordar el tema del cambiante perfil de una playa, es la inevitable simultaneidad de tres conceptos diferentes:

— perfil instantáneo: perfil teórico o real, según el caso, que presenta la arena en un instante determinado.

— perfil medio: perfil teórico que en cada punto tiene la profundidad media de las distintas posiciones de la arena a lo largo del tiempo. La determinación de dicha media puede hacerse de muchas maneras.

— perfil de equilibrio: perfil teórico o real, según el caso, que alcanza la arena en cada tramo bajo la acción indefinida de un determinado temporal que mantiene sus características a lo largo del tiempo.

Con el modelo propuesto (Fig. 1) se pretende poder responder a estos tres conceptos. Así: en la Fig. 1.b se presenta una de las características distintivas entre el perfil instantáneo y el perfil medio; en la Fig. 2 se contempla un perfil en el que el concepto de instantaneidad abarca como mínimo un ciclo completo de marea; en la Fig. 3 se contempla un perfil medio; en la Fig. 4 se analiza el efecto de sobre elevación eventual simultánea con la acción indefinida de un temporal representativo de las máximas acciones del clima marítimo local; en la Fig. 5 se comparan diversos aspectos del perfil medio y del instantáneo; en la Fig. 6 se presentan sucesivos perfiles instantáneos que evolucionan hacia el equilibrio.

En cierto modo podemos decir que la universa-

TABLA 2

Corrección de erratas de "El perfil de la playa y el tamaño de la arena (3)". Revista de Obras Públicas. Marzo de 1989. Págs. 161 a 175 (C. Garau)

Pág.	Col.	Lin.	DICE	DEBE DECIR
163			Fig. 1	(ver nueva figura)
164	1ª	29	... punto P de cota ($2\eta - h_0$). Aunque η corresponde a una sobre-elevación del nivel medio del mar, se considera como una característica del perfil medio, dependiente del tamaño del sedimento y del clima marítimo.	... punto P de cota d_p , donde se produce la transición entre rotura y reflexión.
164	2ª	42	$\tan \delta' = \frac{8}{\sqrt{2g}} = \frac{\sqrt{H_r}}{T} K_1$ [5]	$\tan \delta' = \frac{8}{\sqrt{2g}} \frac{\sqrt{H_r}}{T} K_1$ [5]
165	1ª	31	$\tan \delta' \leq 5,414 = \frac{\sqrt{V_f}}{\sqrt{gT}} K_1$ [8]	$\tan \delta' \leq 5,414 \frac{\sqrt{V_f}}{\sqrt{gT}} K_1$ [8]
165	1ª	2	$V_f = 0,428 + 0,172 \ln D_{50}$ [10]	$\sqrt{V_f} = 0,428 + 0,172 \ln D_{50}$ [10]
166			Fig. 2	(ver nueva Figura)
166	1ª	5	Límite inferior del frente de playa	Límites del frente de playa
166	1ª	7	... límite inferior ...	... límite superior ...
166	1ª	8	... correspondería por simetría de h_0	... correspondería por el remonte R
166	1ª	28	$\frac{R}{H_r} = \frac{\tan \delta'}{(H_r/g T^2/2 \eta)^{1/2}} = \frac{4}{\sqrt{\eta}} K_1$ [14]	$\frac{R}{H_r} = \frac{\tan \delta'}{(H_r/g T^2/2 \pi)^{1/2}} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} K_1$ [14]
166	2ª	26	... sedimentos más frecuentes, tales que $D_{50} < 0,5$ mm con los cuales las fórmulas de Swart (1974) tienen validez, debiéndose cumplir la condición $0 \leq \eta \leq \frac{h_0}{2}$ Para $D_{50} > 0,5$ mm se toma $\eta = 0$	... sedimentos más frecuentes, tales que $D_{50} < 0,5$ mm con los cuales las fórmulas de Swart (1974) tienen validez, debiéndose cumplir la condición $R \leq h_0$ El límite inferior del frente se determina con la profundidad en P que viene dada por la expresión $d_p = 0,6 H_r$ [17']
167	1ª	12	$m_s = 0,0188 \frac{\sqrt{g} V_f}{K_a} F_p$ [18]	$m_s = 0,0188 \frac{\sqrt{g} V_f}{K_a} F_p$ [18]
167	1ª	20	$F_p = 0,85 + 0,15 \frac{m'_s}{m_p} F_p$ [19]	$F_p = 0,85 + 0,15 \frac{m'_s}{m_p}$ [19]
167	1ª	28	$x'_{s'} = \frac{h_0 - 2\eta}{\tan \delta'}$ [21]	$x'_{s'} = \frac{0,6 H_r}{\tan \delta'}$ [21]
167	1ª	29	$m'_s = \frac{h_m - h_0 + 2\eta}{x_m - x'_{s'}}$ [22]	$m'_s = \frac{h_m - 0,6 H_r}{x_m - x'_{s'}}$ [22]
169			Fig. 4	(ver nueva figura)
170	1ª	44	$\frac{K_3}{h'_0 + h_0 - \Delta\eta - \eta} (\Delta\eta - \eta)^2$ [29]	$\frac{K_3}{h'_0 + 0,6 H_r - \Delta\eta + \eta} (\Delta\eta - \eta)^2$ [29]
170	2ª	9	$\Delta x = \left(\frac{1}{m'_s} - \frac{1}{\tan \delta'} \right) = \frac{0,1}{h'_0 - \eta} (\Delta\eta)^2$ [30]	$\Delta x = \left(\frac{1}{m'_s} - \frac{1}{\tan \delta'} \right) \frac{0,2}{h_0 + 0,6 H_r} (\Delta\eta)^2$
174	2ª	12	$G_r = \frac{\sqrt{V_f}}{gT}$	$G_r = \sqrt{\frac{V_f}{gT}}$
174	2ª	14	$G_s = G_r/HgT^2 = \frac{\sqrt{g} V_f}{0,1276(m S^{-3/2})K_a T}$	$G_s = G_r/HgT^2 = \frac{\sqrt{g} V_f}{0,1276(m S^{-3/2})K_a}$
175	2ª	15	$m_s = 0,024 G_s F_p$	$m_s = 0,0024 G_s F_p$

EL PERFIL DE LA PLAYA Y SUS FACTORES DE EQUILIBRIO

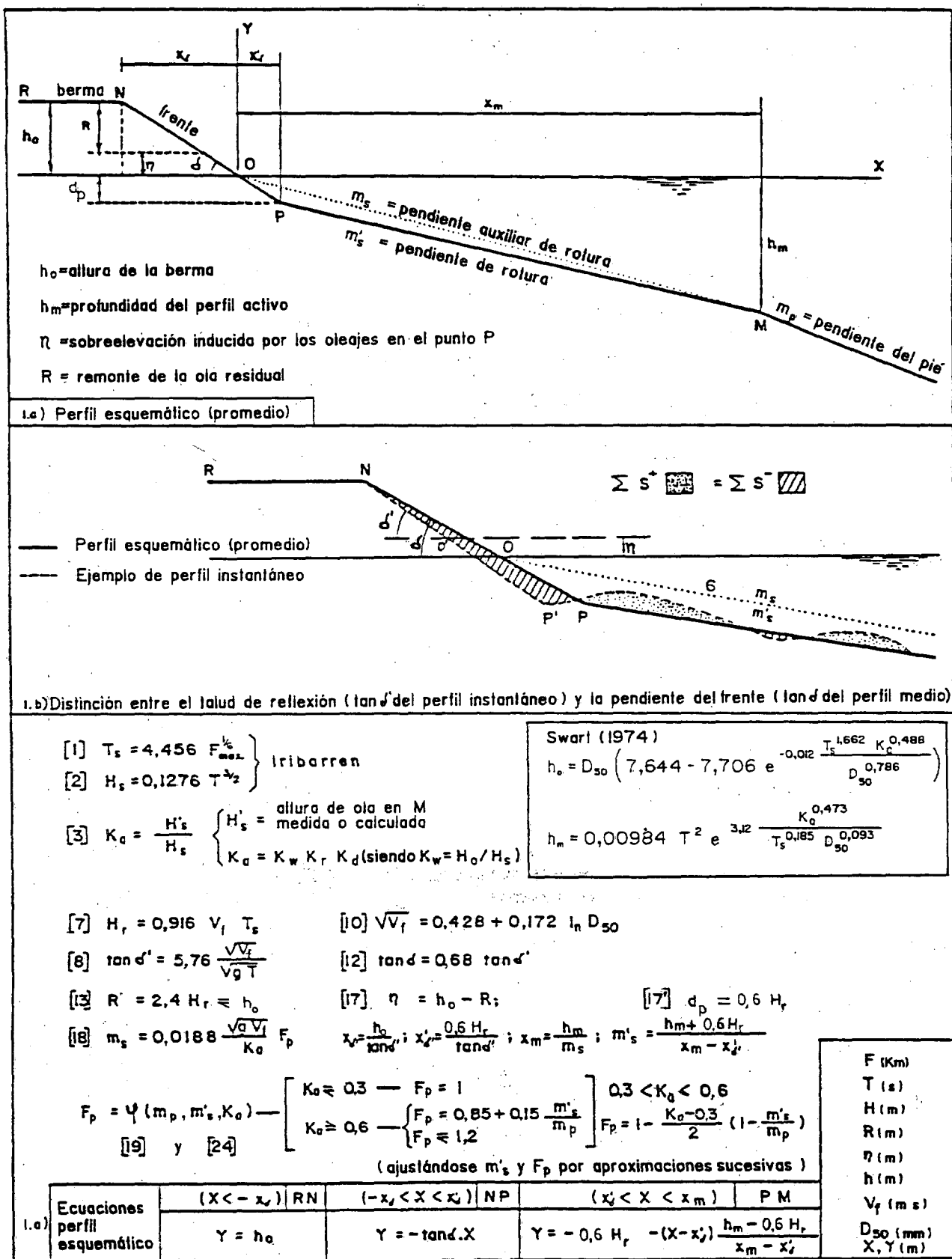


Fig. 1.— Perfil esquemático completo (Garau, 1989).

[illegible]

η = sobreelevación típica de la playa, determinante del perfil medio.
 $\Delta\eta$ = sobreelevación eventual, determinante del basculamiento frontal

■ área de retroceso restringido
 ▨ área de depósito en la barra

Retroceso potencial $QP' = \frac{\Delta\eta}{m_s'} - \frac{\Delta\eta}{\tan\delta'}$
 Retroceso restringido QB ($S_{QBAN} = S_{QBAN} = K_3 \cdot QP' \cdot \Delta\eta$)
 $K_3 = 0,2 \frac{h_o}{h \cdot \Delta\eta}$ según datos de Vellinga y Van de Graaf, siendo h_o la altura de la duna

lidad de un modelo de perfil de playa está en relación con su adaptabilidad a los diferentes conceptos expresados, así como a otros muchos como pueden ser: perfil de erosión, perfil en escalón, perfil en barra, etc... En el que nos ocupa, además de ajustarse a la realidad que es evidentemente lo más importante, se da la adaptabilidad en grado extremo, hasta el punto de poder considerar el «perfil esquemático» como perfil medio y también como perfil de equilibrio ante los máximos oleajes del clima marítimo, y de permitir el análisis de las variaciones del perfil medio ante la acción de diferentes oleajes. En

39

3.2. Sobre la profundidad del frente de la playa

La nueva estimación de la profundidad en el punto P, mediante el valor $dp = 0,6 \text{ Hr}$, responde al concepto de «perfil esquemático» y se ajusta: a) al perfil real observable, puesto que generalmente se ve la playa en condiciones de sobreelevación despreciable ($\eta = 0$); b) al perfil medio, puesto que este concepto implica un inevitable ajuste del tramo próximo a la orilla a las oscilantes condiciones entorno a $\eta = 0$; c) al perfil instantáneo en todos aquellos casos en que η sea despreciable. Sin embargo no se ajusta al concepto de perfil instantáneo cuando el valor de η no es despreciable, pues entonces $dp = 0,66 \text{ Hr} - \eta$, como veremos más adelante.

El hecho de haber tomado anteriormente $dq = h_0 - 2\eta$ con la condición $0 < \eta < \frac{h_0}{2}$ res-

pondría a la hipótesis de reflexión simétrica respecto al nivel del mar en reposo, que la experiencia contradice tal como afirman P. Vellinga, h. Steetzel y J.V. Overeem (24-10-88). Sin embargo en la práctica el modelo se ajustaba a la realidad para la gama de tamaños de sedimentos más frecuentes en Ingeniería de Costas, comprendida en tre 0,2 y 0,3 mm. La modificación ahora introducida apenas modifica la cuarta cifra de la pendiente m's para estos tamaños, pero permite, además de conseguir el modelo en el sentido teórico apuntado por P. Vellinga, H. Steetzel y J.V. Overeem, ajustarlo a los casos reales de playas con arenas de tamaños superiores.

Por otra parte había una razón teórica que apoyaba la primitiva aproximación: la conocida relación $db = 1,28 \text{ Hb}$, que para pendientes fuertes llega a valores $db = 1,55 \text{ Hb}$ parecía incompatible con la actual estimación $dp = 0,6 \text{ Hr}$.

La nueva estimación de la profundidad del punto de transición entre la rotura de la ola incidente (proceso que implica la reducción progresiva de altura de ola a medida que avanza sobre profundidades cada vez más reducidas, hasta una altura de ola Hr en el punto P, que denominamos «altura de ola residual») y la reflexión de la ola residual, se ha efectuado en base al análisis de la playa de Es Codolar (Ibiza). Hay además varios datos de la investigación reciente que apoyan la ecuación (17):

a) I.A. Svendsen (19th C.E., 1984, pág. 66) dice que H/h tiende a 2 cuando h tiende a cero, lo cual, en la notación que venimos utilizando,

significa que Hr tiende a $2(dp + \eta)$ cuando $dp + \eta$ tiende a cero, y por tanto dp tiende a $(0,5 \text{ Hr} - \eta)$ cuando la ola avanza hacia la orilla. Dado que no se llega a cumplir $dp + \eta = 0$, resulta razonable la estimación $dp = 0,6 \text{ Hr}$.

b) M. Larson, N.C. Kraus y T. Sunamura (21 st C.E., 1988, pág. 1290) dan la relación $hc = 0,66 \text{ Hb}$ y afirman que en sus ensayos:

«La profundidad en la cresta de la barra hc , en situación de equilibrio, estaba estrechamente relacionada con la altura de la ola rompiente Hb y era prácticamente insensible al período de la ola y al tamaño de la arena».

Dado que en el punto P, en situación de equilibrio, deben darse las condiciones de rotura sobre cresta de barra, tendríamos $dp = 0,66 \text{ Hr} - \eta$, (aplicable al perfil instantáneo) lo cual corrobora la bondad de la estimación $dp = 0,6 \text{ Hr}$ para el perfil esquemático.

c) Debe tenerse en cuenta que si bien $\text{Hb} = 0,8 \text{ db}$ para pendientes fuertes como las de la orilla, la influencia de la reflexión hace que en el punto P se produzca profundidad doble y por tanto altura de ola doble, es decir $\text{Hr} \approx 1,6 \text{ dp}$ o bien $dp \approx 0,625 \text{ Hr}$.

4. RANGOS DE INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES FACTORES

La ecuación (31) nos dice que la pendiente en la zona de reflexión $\tan \delta''$, en condiciones de equilibrio y prescindiendo de situaciones de transición, de oscilaciones transversales (cusps), y en casos de marea despreciable, tan sólo depende del tamaño del sedimento y del período del oleaje. Por el contrario, la pendiente de rotura $m's$ se ve modificada por los cuatro factores definidos en la Tabla 1, según la ecuación (33), pues las diferencias cualitativas entre la pendiente auxiliar $m's$ y la de rotura propiamente dicha $m's$ (Fig. 1), no desvirtúan la aproximación cuantitativa entre m_s y $m's$ para los tamaños de sedimento que generalmente ofrecen las playas naturales. Si tenemos en cuenta que la zona de reflexión tiene generalmente algunas decenas de metros, mientras la zona de rotura abarca con frecuencia más de mil metros, queda clara la importancia de la ecuación (33) que podemos poner similar a la (18) de la siguiente forma:

$$m_s = 0,0118 \frac{\sqrt{g} \sqrt{V} f}{K_a} F_p F_q \quad (33)$$

la cual nos permitirá apreciar la influencia de los diferentes factores en la pendiente principal del perfil.

Variación del sedimento (D50)

Para una variación de tamaños del sedimento $0,16 \text{ mm} < D50 < 0,64 \text{ mm}$, se obtiene una relación

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] D50 = (\sqrt[3]{Vf}) 0,16 / (\sqrt[3]{Vf}) 0,64 \approx 3 \quad (38)$$

a igualdad de los demás factores de la ec. (33').

Variación del coeficiente de abrigo (Ka)

La teoría nos dice que la pendiente principal del perfil apenas varía con el fetch, mientras no se modifique el valor de Ka (a mar abierto $Ka \approx 1$). Al crecer el fetch lo que aumentará será la profundidad del L.T.S. y también ligeramente el valor de la altura de ola residual Hr, los cuales apenas modifican cuantitativamente el valor de m's y no alteran ms. Sin embargo, la influencia del abrigo es muy importante.

Tanto en la naturaleza como en las condiciones de ensayo es fácil encontrar valores $Ka < 0,25$, lo que nos dice que

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] Ka \approx 1/0,25 = 4 \quad (39)$$

a igualdad de los demás factores de la ecuación (33').

Variación del factor de fondos frontales (Fp)

La influencia de los fondos frontales viene representada por las ec. (19) y (25).

La primera indica que en situaciones de perfil completo:

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] F_p \approx 1,2 / 0,85 = 1,4 \quad (40)$$

y la segunda indica que para perfiles incompletos (Fig. 3, p. 168, R.O.P. de marzo de 1989), y tomando como valor orientativo una profundidad de la plataforma rocosa de apoyo equivalente a $d = 1/3 \text{ hm}$, tenemos:

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] F_b = (1/\frac{1}{3})^{0,4} = 1,55 \quad (41)$$

Si queremos evaluar la influencia máxima de ambas posibilidades, basta multiplicar ambos coeficientes (40) y (41), lo cual nos da un valor 2,19 que nos da la relación máxima entre la pendiente de una playa de perfil incompleto apoyada sobre una plataforma rocosa de profundidad $d = 1/3 \text{ hm}$ y la pendiente de una playa de perfil completo que a partir de la profundidad hm ofrece una pendiente mp muy fuerte. Sin embargo, dado que cuando el coeficiente de abrigo es muy pequeño (abrigo grande) los efectos de los fondos frontales quedan absorbidos por Ka (pág. 167, R.O.P. marzo de 1989), podemos admitir como medida de la influencia de los fondos frontales, a igualdad de los demás factores, el valor

$$F_p = 1,5 \quad (42)$$

Variación del factor de transporte frontal a largo plazo (Fp)

La evaluación del efecto que, la existencia de una tasa de transporte frontal a largo plazo, produce sobre la pendiente de equilibrio está tan solo a nivel de estimación orientativa, como ya se ha dicho. Por ello, la ec (35) no permite definir el orden de magnitud de la influencia de un caudal frontal, pues saldría un valor infinito al introducir cero en el denominador. Sin embargo los valores observados en la naturaleza indican que

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] F_q > \frac{1,8}{0,395} = 4,6 \quad (43)$$

Variabilidad global

Dado que los rangos de influencia dados por (38), (39), (42) y (43) son independientes, su producto nos dará una estimación de la variabilidad total de la pendiente de la zona de rotura que resulta ser

$$[(\text{ms}) \text{ máx} / (\text{ms}) \text{ mín}] D50, Ka, F_p, F_q \approx 83 \quad (44)$$

Ello significa que la teoría justifica diferencias en la pendiente de equilibrio del orden de 8300 %, mientras que la influencia de los diferentes factores se ha determinado en base a desviaciones del orden del 10 % de la pendiente en cuestión.

5. CONCLUSION.

Esta enorme variabilidad de la pendiente de equilibrio, que fundamentalmente determina el perfil de la playa, explica la perplejidad de muchos investigadores ante resultados de estudios o ensayos realizados sin tener en cuenta los factores descritos. Por el contrario, dado que la mayoría de las playas ofrecen valores próximos a la unidad para los factores K_a , F_p y F_q , ello ha hecho que se conociera desde hace años la existencia de una estrecha relación entre pendiente de equilibrio y tamaño de la arena, si bien su formulación ha planteado discrepancias. También se sabía que la pendiente está relacionada con la altura y el período de la ola, pero las ecuaciones planteadas hasta ahora ofrecen graves desajustes con los perfiles naturales o con los de ensayos en modelo reducido.

Es presumible que la correcta aplicación de esta teoría, una vez contrastada, debe conducir a errores inferiores a la milésima en la determinación de la pendiente de rotura de la ola.

6. COMENTARIO FINAL

En una carta de 2-10-87, H. Swart me decía: «I feel that your theory which has for so many years been developed further but has escaped me, and I am sure most other coastal engineers' attention because it has been reported on in Spanish, could be improved...». Yo pregunto: ¿Por qué la Ingeniería de Costas española no contribuye a contrastar la teoría, arroparla con la luz de una sana discusión y finalmente a darle la difusión que merece?

REFERENCIAS

Garau, C., 1974: «Reflexión del oleaje sobre la playa». R.O.P. dic. 1974, pp. 869-882.

Garau, C., 1984: «Las pendientes de la playa y el tamaño de la arena». R.O.P. dic. 1984, pp. 943-960.

Garau, C., 1985: «Discusión s/ Las pendientes de la playa y el tamaño de la arena». R.O.P. mar. 1985, pp. 195-198.

Garau, C., 1986: «Las pendientes de la playa y el tamaño de la arena (2)». R.O.P. ag. 1986, pp. 601-612.

Garau, C., 1989: «Perfil de la playa y tamaño de la arena (3)». R.O.P. mar. 1989, pp. 161-175.

Garau, C., 1989: «Ingeniería de Costas: Soluciones duras o blandas versus condiciones genéticas». R.O.P. mayo 1989, pp. 341-357.

Larson, M., Kraus N.C., Sunamura, T., 1988: «Beach profile change: morphology, transport rate, and numerical simulation». 21 st C.E., pp. 1295-1309.

Svendsen, I.A., 1984: «Wave attenuation and set-up on a beach». 19 th C.E., pp. 54-69.

COMENTARIOS CITADOS

Barnett, M.R. (18-7-88).
Overeem, J.V. (24-10-88).
Steetzel, H. (24-10-88).
Swart, D.H. (2-10-87).
Vellinga, P. (24-10-88).

Carlos Garau Sacristá



Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, promoción 1960.

DAD-IESE (Universidad de Navarra, 1972). Es ingeniero jefe de la Zona Portuaria II-III de la Comissió de Ports de Catalunya. Ha sido jefe regional de Costas de Cataluña, 1964-1973; jefe de la División de Aprovechamientos Hidráulicos (CAPO), 1974-1977; director del Grupo de Puertos de Barcelona-Tarragona, 1977-1981; director de la Comisión de Puertos de Cataluña, 1977-1981; profesor de «Puertos» y «Puertos Obras» en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Canales, Caminos y Puertos de Barcelona, 1976-1979.

Autor de numerosos proyectos de obras portuarias y de Ingeniería de Costas. Ensayos en modelo reducido en el tanque (modificado) del Laboratorio de Hidráulica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, 1973-1975; Autor de diversos artículos, comunicaciones y conferencias, sobre movimientos de arenas y playas. Proyectos destacados: Puerto y Marina interior en la Urbanización Bahía Blanca, Villajoyosa, Alicante; Plan de Infraestructura de las Playas de Levante de Barcelona (director del proyecto).