

Forma simple de estimar la altura del oleaje que rompe frente a la playa

Por
Edwin Alfonso-Sosa, Ph D.
14 de enero de 2010

La altura del oleaje en agua profunda se consigue de manera rutinaria mediante varios medios tecnológicos: modelos computacionales regionales del oleaje, por altimetría satelital y mediante boyas oceanográficas equipadas con sensores. Los reportes meteorológicos en las noticias ofrecen esta información todos los días. En Puerto Rico es común que se haga un reporte de la altura y periodo del oleaje detectado por la boya oceanográfica 41043 del NDBC de NOAA, localizada lejos al norte de las Islas Vírgenes. Estamos acostumbrados a escuchar a través de los medios noticiosos avisos de resaca fuerte donde se nos indica un rango de altura del oleaje detectado en la boya 41043. Pero, ¿cómo podríamos traducir la altura del oleaje en agua profunda a la altura al momento de romper frente a nuestra playa favorita? Primero tengo que decir que las dos alturas no son iguales. ¿Por qué? La primera razón es que la ola justo antes de romper tiene que atravesar un área donde la profundidad del agua es menor, provocando que la rapidez de la ola se reduzca en el agua llana. Por conservación de energía si la ola reduce su energía de movimiento (cinética) esa energía tiene que convertirse en energía potencial. ¿Cómo la ola aumenta su energía potencial? Pues creciendo, aumentando su altura. La segunda razón es que las olas en agua profunda tienen una dirección que no necesariamente es hacia el frente de tu playa. Por lo tanto a medida que las olas atraviesan el agua llana tienen que cambiar su dirección hasta que el frente de la ola esté paralelo a la playa. Ese fenómeno se conoce como refracción. La refracción permite que olas que se dirigen de Este a Oeste o viceversa puedan cambiar su dirección y romper en la costa norte de Puerto Rico. Por lo tanto la altura de la ola en agua llana también dependerá de la dirección en la que vienen las olas. Existen modelos computacionales que toman en cuenta estos dos factores y la batimetría (topografía submarina) incluyendo la pendiente de la playa para calcular la altura de la ola que rompe. Algunos de estos modelos son adaptables o sea que se pueden adaptar a cada playa en particular. Generalmente este complicado trabajo es realizado por oceanógrafos e ingenieros costeros y los productos generados no están accesibles a la comunidad en general.

Por todo lo arriba expuesto necesitamos una regla sencilla que pueda servirnos para estimar la altura de oleaje al romper H_b . Una forma de determinarlo es mediante el producto de un factor k por la altura de oleaje en agua profunda H_0 :

$$H_b = k \times H_0$$

El factor k representa la razón matemática entre las dos alturas:

$$k = \frac{H_b}{H_0}$$

Para determinar el valor de k estimamos el valor de la altura de la ola al romper H_b usando la ecuación núm. 4.128 desarrollada por Dean y Dalrymple (1998):

$$H_b = \left(\frac{\kappa}{g}\right)^{\frac{1}{5}} \left(\frac{H_0^2 C_0 \cos \theta_0}{2}\right)^{\frac{2}{5}}$$

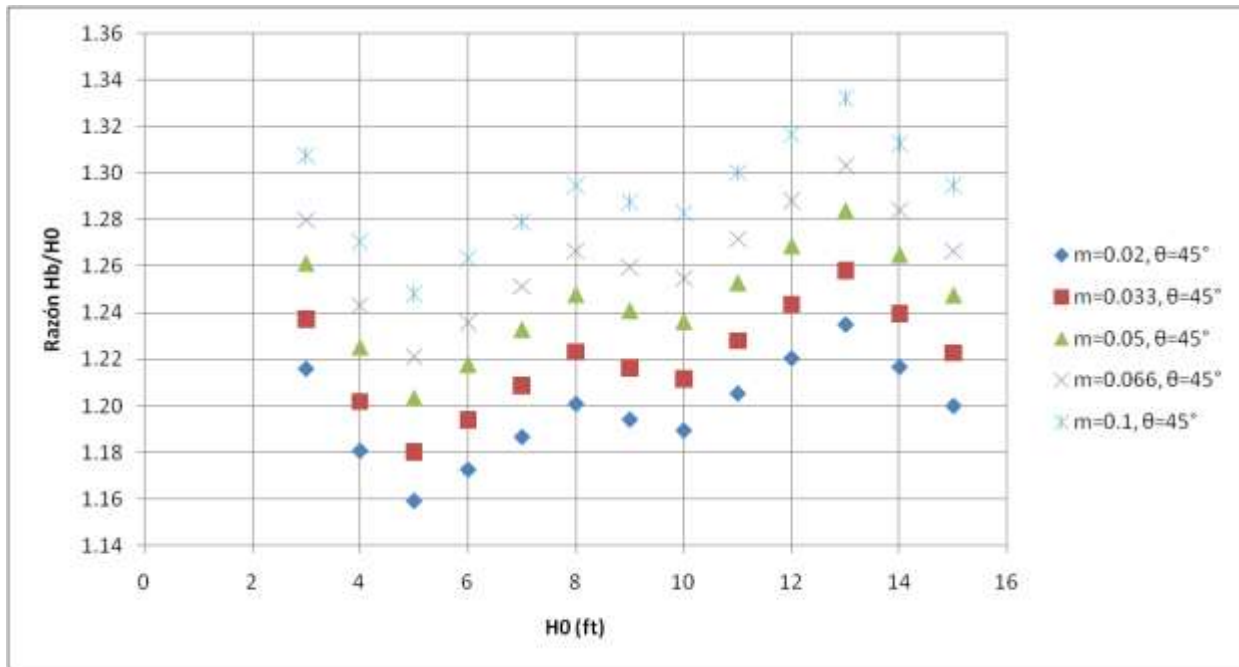
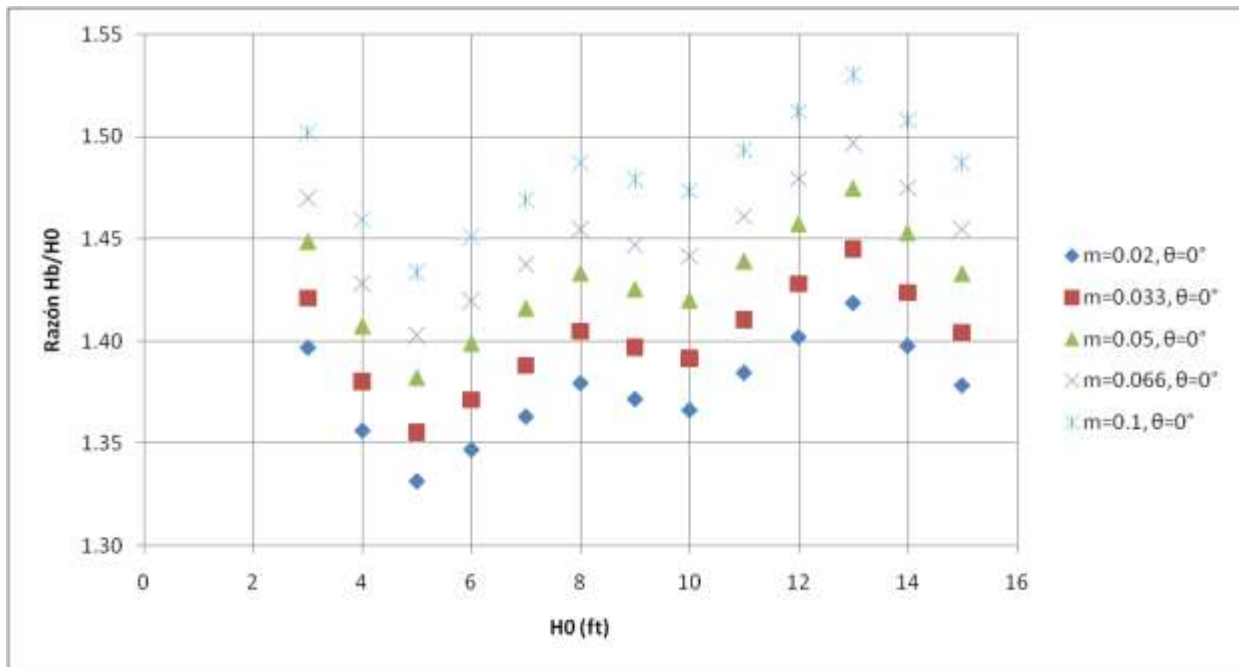
tal que H_0 y C_0 representan la altura y celeridad de la ola en agua profunda, θ_0 es el ángulo del rayo de la ola relativo a la playa cuando ésta se aproxima desde el agua profunda y κ (letra kappa no confundir con letra k arriba) es un parámetro al que le asignamos el valor igual a 0.8.

Las alturas de oleaje en agua profunda H_0 van desde 3 hasta 15 pies. El oleaje tiene un periodo desde 7 segundos hasta 15 segundos, típico de una marejada generada por una tormenta distante de Puerto Rico. Los valores de altura y periodo de las olas en agua profunda se basan en datos recolectados por la boya 41043 del NDBC que comprende el 5 y 6 de noviembre del 2007 durante una marejada generada por una tormenta en el Atlántico Norte. La figura abajo muestra los valores H_b para cinco clases de pendientes 1:50, $m=0.02$; 1:30, $m=0.033$; 1:20, $m=0.05$; 1:15, $m=0.066$; y 1:10, $m=0.10$. Las últimas tres pendientes garantizan que las olas de mayor tamaño rompan precipitadamente en forma de tubo, rompimiento que se observa frecuentemente en el noroeste de Puerto Rico. También volvimos a repetir los cálculos, pero esta vez cambiando la dirección del oleaje unos 45 grados. Así representamos mejor las marejadas del noroeste que frecuentamos durante los meses de invierno en la costa norte de Puerto Rico. Los resultados se resumen en la siguiente figura.

Se graficó el valor H_0 versus el factor k . Cuando la marejada entra directamente a tu playa $\theta=0^\circ$, la mayor parte de los valores del factor k oscilan entre 1.35 y 1.5. La media aritmética del factor k es **1.43** ó la fracción $\frac{10}{7}$. Si la altura de la ola en la boya es 7 pies entonces la altura al momento de romper será aproximadamente 10 pies. Cuando la marejada entra oblicuamente a la playa $\theta=45^\circ$ la mayor parte de los valores de k oscilan entre 1.18 y 1.3, entonces la media aritmética del factor k es **1.24** ó podemos aproximararlo con la fracción $\frac{5}{4}$. Entonces una ola con una altura de 8 pies rompería con una altura aproximada de 10 pies. Para decidir cuando usar $\frac{10}{7}$ ó $\frac{5}{4}$ dependerá del ángulo de entrada de la marejada a la playa. En la costa noroeste de Puerto Rico abundan los acantilados y desde esa altura es fácil apreciar el ángulo de entrada de la marejada, pero en el caso que no sea fácil determinarlo entonces debemos utilizar la razón $\frac{10}{7}$.

Para poner en práctica lo ya discutido, usando la tabla de arriba, hagamos el siguiente ejercicio mental. Un frente frío se acerca a Puerto Rico y una marejada del noroeste con 5 pies de altura arremete contra nuestras costas. En la Playa Wildernes de Punta Borinquén las olas entran de frente $\theta=0^\circ$ y por lo tanto la altura de la ola al romper es de 7 pies, pero en la playa Guajataca las olas entran con un ángulo $\theta=45^\circ$ y la ola rompe con una altura de 6 pies. Al pasar un día completo la marejada cambia de dirección y las olas vienen del norte con una altura de 7 pies, ahora las olas entran en Guajataca de frente $\theta=0^\circ$ y rompen con una altura de 10 pies. En cambio en la playa Wildernes con un ángulo $\theta=45^\circ$ las olas rompen con una altura de 9 pies.

Estamos conscientes que este método es simplista y que se fundamenta en teoría lineal. No toma en cuenta los efectos de enfoque de la energía por refracción ya sea a lo largo de cabos o estructuras que penetran hacia el mar (rompeolas, espolones, muelles etc.), tampoco el efecto de cambios repentinos en el fondo provocados por arrecifes de coral o bancos de arena. Se asume una playa con fondo uniforme e isobatas paralelas a la playa. Este método no debe substituir el sentido común y la apreciación de altura de una ola por un observador experimentado. No obstante provee un estimado de la altura de la rompiente en una playa basado en los datos registrados por una boya en agua profunda.



Altura de ola en agua profunda H_0 (ft)	Altura de la ola al romper H_b (ft) $\theta = 0^\circ$	Altura de la ola al romper H_b (ft) $\theta = 45^\circ$
3	4	4
4	6	5
5	7	6
6	9	7
7	10	9
8	11	10
9	13	11
10	14	12
11	16	14
12	17	15
13	19	16
14	20	17
15	21	19

Referencia

Dean, R. G. and R. A. Dalrymple. Water Wave Mechanics For Scientists and Engineers and Scientists. World Scientific, New Jersey, 1998. pp. 112-116.