

COMPARACIÓN DE LA TASA ANUAL DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE PLAYA EN LA ISLA JAMBELÍ, UTILIZANDO FORMULACIÓN SUGERIDA POR VARIOS AUTORES.

Por: Leonor Vera ⁽¹⁾

Resumen

En el presente trabajo se realiza una comparación de las metodologías propuestas por varios autores para el cálculo de la tasa de transporte de sedimentos en la zona playa. Se seleccionaron las fórmula más utilizadas, considerando la de CERC, que tuvo sus inicios en 1947 hasta formulaciones adaptadas en los años 90. Debido a la disponibilidad de información en la zona de Jambelí, se seleccionó este lugar para aplicar la formulación. Una vez determinados los valores con los cuatro métodos propuestos, se establecieron las diferencias y aproximaciones de los valores obtenidos.

Abstract

At the present paper is showed a comparison of proposed metodologías form several authors, for the calculation of the rate sediment transport in the beach area. It was selected four of the most often fórmula used, considering the CERC, which started in 1947, until formulations adapted in the 90's. Because the avalaibility of data, Jambelí, was selected to apply the formulation. When values were obtained, differences and approximations of the values were analyzed.

Introducción

Las playas son superficies en constante cambio, constituyen un ambiente dinámico en donde las características físicas varían en tiempo y espacio. Las condiciones climáticas del ambiente circundante, el oleaje y las corrientes longitudinales y perpendiculares a la playa producen procesos erosivos o de acreción en toda la zona litoral.

En el análisis de los procesos costeros uno de los factores que se considera es el cálculo del transporte longitudinal de arena, existiendo para tal propósito una serie de fórmulas de carácter empírico que predicen dicho transporte. Estas formulas contienen constantes de calibración probadas en ensayos de laboratorio y aplicados en diferentes playas.

Un inconveniente al aplicar una fórmula es la elección adecuada de los parámetros que intervienen en la formulación, pues por lo general se debe elegir únicamente un valor representativo para cada parámetro y en sitios muy energéticos, con mucha variabilidad estacional o local, se corre el riesgo de excluir condiciones importantes para los procesos físicos.

En Ecuador el estudio de los procesos costeros se ha realizado principalmente siguiendo la metodología indicada en el Shore Protection Manual.

En este trabajo, además de este texto se ha revisado información de publicaciones de los últimos 10 años en las cuales se utilizan formulaciones antiguas, modificadas o nuevas con el propósito de establecer comparaciones entre y definir la que mejor se adapte a la costa seleccionada.

⁽¹⁾ Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR, Av. 25 de Julio Base Naval Sur, P.O. Box 5940 Guayaquil-Ecuador

Se realiza este estudio sin contar con información local de altura y período de olas de largo tiempo. Se utilizan como referencia observaciones de altura y dirección de olas rompientes realizadas in situ al pie de la playa de Jambelí, por períodos continuos de máximo 4 días en la época seca, en el año 2002.

Área de Estudio

Jambelí es una pequeña isla turística en la zona sur-occidental del Ecuador, provincia de El Oro, ubicada al sureste del Océano Pacífico, y que forma parte del Archipiélago de Jambelí, formado por 13 islas. La zona específica de estudio corresponde a 3 km de playa orientada en sentido casi N-S, figura 1.

La isla es una formación de arena cuyo grano medio D50 es igual a 0.48 mm y se encuentra ubicada aproximadamente a 3 m sobre el nivel del mar. El rango de mareas está entre 2 y 2.5 m. La altura de ola rompiente observada en la playa, varía entre 0.16 m y 0.47 m.



Figura 1. Área de estudio

En la Isla Jambelí predominan los procesos erosivos, siendo el oleaje y los cambios en el nivel del mar los principales causantes de este problema, de tal forma que eventos anómalos, tales como El Niño o tormentas tropicales del Pacífico, ocasionan severos daños en pocas horas o días.

Metodología

Para comparar resultados de tasa de transporte de sedimentos, entre diferentes métodos de formulación, se aplican los métodos sugeridos en el CEM (Coastal Engineering Manual): Método del Flujo de Energía y Método de Corriente litoral costera. El tercer método que se aplica es el método del análisis dimensional, sugerido por Kamphius en 1986 y modificado en 1991.

Método del flujo de energía:

Este método, basado en la energía de la ola tiene sus inicios en el Scripps Institute of Oceanography (1947), habiendo sufrido desde entonces una serie de modificaciones, llegando a ser conocida en la actualidad como la fórmula de CERC. Inmmam y Bagnold en 1963, basados en estudios de transporte de arenas por vientos y en ríos, sugieren el uso de una tasa de transporte de peso sumergido a lo largo de la costa en lugar de una tasa de volumen de material como se hacía hasta ese momento.

En 1970 Komar e Inman, calculan una ecuación para esta tasa de peso sumergido (II). La fórmula de CERC establece que el II es proporcional al flujo de energía de la ola (PI) evaluado en la zona de rompiente:

$$I_l = KP_l = K(EC_g)_{\alpha_b} \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

$$E_b = \frac{\rho g H_b^2}{8}$$

$$C_{gb} = \sqrt{g d_b}, \quad k = H_b / d_b$$

$$C_{gb} = \left(g \frac{H_b}{k} \right)^{1/2}$$

Para la aplicación de la fórmula de CERC, se han considerado 2 valores para K; el recomendado por Komar e Inman ($K = 0.77$), por ser el de uso más generalizado en trabajos de investigación, y el coeficiente K propuesto por Del Valle, Medina y Losada (1993), en donde K decrece con el incremento del diámetro del sedimento (D50):

$$K = 1.4e^{(-2.5D_{50})}$$

Para la aplicación de ambas formulaciones, se utiliza como H_b , el parámetro estadístico de altura H_{rms} , que se relaciona con H_s mediante la relación:

$$H_s = 1.41 H_{rms}$$

En términos de volumen la ecuación de CERC se expresa:

$$Q_l = K \left(\frac{\rho \sqrt{g}}{16k \left(\frac{1}{2} (\rho_s - \rho)(1-n) \right)} \right) H_b^{5/2} \sin(2\alpha_b) \quad \text{ECUACIÓN 1}$$

donde ρ , densidad del agua de mar

ρ_s , densidad de la arena

n , coeficiente de porosidad

α , ángulo de rompiente

k , índice de rompiente

Método de la corriente litoral:

La fórmula propuesta por Walton en 1980-1982, usando el modelo de Longuet-Higgins propone la siguiente formulación para el flujo de energía a lo largo de la costa:

$$P_l = \frac{\rho g H_b W V_l C_f}{\left(\frac{5\pi}{2} \right) \left(\frac{V}{V_o} \right)}$$

donde: W , es el ancho de la zona de surf

V_l es la velocidad de la corriente medida en un punto de la zona de surf

C_f , es un coeficiente de fricción dependiente del número de Reynolds y de la rugosidad del fondo

V_o es la velocidad en la zona rompiente para casos de mezcla no lateral.

Para la resolución de la ecuación, se utiliza una distribución recomendada por Longuet-Higgins:

$$\frac{V}{V_o} = 0.2 \left(\frac{Y}{W} \right) - 0.714 \left(\frac{Y}{W} \right) \ln \left(\frac{Y}{W} \right)$$

donde, Y es la distancia desde la línea de costa hasta la corriente medida

V/V_o es la velocidad de la corriente litoral adimensional de Longuet-Higgins para un coeficiente de mezcla igual a 0.4.

Se elige un C_f igual a 0.01.

Una vez resuelta la ecuación, se utiliza la ecuación general de Q , para calcular la tasa de transporte litoral:

$$Q = K P_l / [(\rho - \rho_s) g (1 - a)] \quad \text{ECUACIÓN 2}$$

Método del Análisis dimensional:

Kamphius en 1991, luego de una serie de experimentos propone la siguiente fórmula:

$$Q_l = 2.27 / [(\rho_s - \rho) i] H_b^2 T_p^{1.5} i^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin^{0.6} (2\alpha_b) \quad \text{ECUACIÓN 3}$$

Donde i es pendiente de playa y D_{50} es el diámetro medio.

En la tabla 1, se presentan los valores utilizados para la obtención de valores con cada formulación, los cuales corresponden a constantes comúnmente utilizadas en el cálculo del transporte de sedimentos y recomendadas en los textos y a información recopilada en la zona.

Para efectos del cálculo anual de la tasa de transporte de sedimentos se ha considerado que el ángulo de incidencia considerado, ocurre el 80 % de veces.

Método del flujo de energía	
K (constante de Komar& Innman)	0.77
K (con D_{50} de 0.48 mm)	0.422
ρ (Kg/m^3)	1 025
g (m/s^2)	9.8
$H_b(\text{Hrms})(\text{m})$	0.29
α_b (grados)	20°
ρ_s (Kg/m^3)	2650
k (índice de rompiente)	0.78
$n=1-a$	0.4
d_b (m)	0.29
W (m)	26.5
V_l	0.142
X (m)	15.4
I (grados)	10

Tabla 1. Valores utilizados en la aplicación de la formulación sugerida

Con los valores referenciales de la tabla 1, se realizan los cálculos y se obtiene un valor para cada formulación.

Resultados y Discusión

Para la aplicación de la formulación presentada, se han usado valores promedios de los parámetros requeridos, los cuales fueron recopilados durante 4 días de observación en el mes de septiembre del 2002, representativo de la época seca.

Ecuación	Tasa anual de transporte
Ecuación de CERC con K constante (E1)	131 708.936 $\text{m}^3/\text{año}$
Ecuación de CERC con K variable (E2)	72 183.276 $\text{m}^3/\text{año}$
Ecuación Walton (E3)	102 742.828 $\text{m}^3/\text{año}$
Ecuación de Kamphius (E4)	101 596.5408 $\text{m}^3/\text{año}$

Tabla 2. Tasa de transporte anual de sedimentos de acuerdo a las formulaciones propuestas

Los resultados obtenidos, tabla 2, indican que la ecuación presentada por CERC con K constante, es la que genera el mayor valor rango y además se muestra la importancia del valor de K seleccionado, de tal forma que la diferencia entre ambas aplicaciones de la ecuación 1 (con $K=0.77$ y $K=0.422$) es de 54 %. La relación entre la Ecuación 1 y las otras formulaciones se muestran en la tabla 3.

Relación E1/otras ecuaciones	% de relación
Con E2	54.80514701
Con E3	78.00748463
Con E4	77.13716616

Tabla 3. Relaciones entre la fórmula de CERC y las otras formulaciones

Conclusiones

Por el carácter empírico de las formulaciones desarrolladas en ensayos de laboratorio especialmente, la variabilidad de los resultados es indiscutible.

Los valores obtenidos para el transporte de sedimentos son referenciales, considerando que se han utilizado parámetros de una sola época del año y sin contar con una serie tiempo de datos de largo período, especialmente de altura y dirección de olas.

De acuerdo a la información con la que se ha trabajado se obtiene que el transporte de sedimentos en Jambelí tiene dirección norte, sin embargo la carencia de información estacional no permite definir variaciones de la tasa de transporte anual.

Al igual que en este documento, estudios anteriores indican que la fórmula de CERC, sobredimensiona la tasa de transporte anual, por lo que en el manual del CEM y varios autores recomiendan su uso, pero con valores inferiores a 0.77.

La formula de CERC, ha sido una de las más utilizadas para el cálculo de transporte de sedimentos, tanto en trabajos desarrollados en el país como en otras partes del mundo. A partir de esta formulación se han desarrollado nuevas investigaciones para mejorarla o adaptarla a un medio determinado, dependiendo de la zona que se requiera estudiar.

Es recomendable continuar aplicando el método de CERC, pero siempre, de manera paralela se debería aplicar un método alternativo con el propósito de comparar resultados, dada la naturaleza experimental de las ecuaciones. La formula sugerida por Kamphius se adapta bastante bien a la información comúnmente disponible.

Bibliografía

Programa de Manejo de Recursos Costeros, 2001. Análisis de los perfiles de Playa Medidos en la Isla Jambelí, Informe Técnico. Guayaquil.

Programa de Manejo de Recursos Costeros, 2001. Plan de Ordenamiento Físico Territorial De la Isla Jambelí, Santa Rosa – El Oro,

Larangeiro, S. and Oliveira F. 2000. Assessment of the Longshore Sediment Transport at Buarcos Beach (West Coast of Portugal) Through different formulations.

Hass, K. and Hanes M. 2004. Process Based Modelling of Total Longshore Sediment Transport.,

Smith E., Ebersole B. and Wang P. 2004. Dependence of Total Longshore Sediment Transport Rates on Incident Wave Parameters and Breaker Type.

Wang P., Ebersole B. and Smith E. 2002. Longshore Sand Transport-Initial Results from Large-Scale Sediment Transport Facility.

Impact des activités humaines sur la dynamique littorale: prélèvements de sables sur le site de Pointe Serene, Senegal, 2004.