

## PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN NIVEL III EN EL CÁLCULO DE DIQUES EN TALUD

M.L. Magallanes<sup>1</sup>, C. Vidal<sup>2</sup>

1. CMC Ingenieros, Urb. Arcoiris, 42, Bezana, 39100 Cantabria- mmagallanes@cmcingenieros.es
2. Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria, C/Isabel Torres, Nº15, 39011 Santander- cesar.vidal@unican.es

### INTRODUCCIÓN

Ante la escasa concreción de la bibliografía actual sobre la forma de aplicación de los métodos de Nivel III, se ha elaborado una propuesta metodológica de implementación en un caso concreto de diseño de un dique en talud. Esta propuesta se ha desarrollado en el ámbito de una Tesina Fin de Máster con los medios del Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria.

### PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología se ha aplicado a la determinación de la probabilidad de fallo en la vida útil para un único modo de fallo: la extracción de las piezas del manto principal. La ecuación de verificación elegida, Etemad-Shahidi, M. Bali (2011), está basada en la  $H_{50}$  o media de las 50 mayores olas que llegan a la obra durante su vida útil. En la simulación propuesta se ha realizado un pre-diseño de la obra mediante métodos deterministas-probabilistas y posteriormente se ha simulado la probabilidad de fallo mediante un método de Nivel III, utilizando el Método de Montecarlo. La probabilidad de Fallo se considera el cociente entre el número de vidas útiles que presentan fallo y el número total de vidas útiles ensayadas. Se ha considerado que el fallo se produce si se alcanza el Inicio de Avería.

Para evitar un coste computacional excesivo, se ha simulado sólo los temporales sobre un umbral que llegan a la obra en la vida útil (para una media de 13 temporales/año). Para ello, se definen las variables aleatorias  $NTa$ = número de temporales anuales, altura de ola del pico del temporal,  $H_{m0p}$  y  $D$ = Duración del temporal a partir del análisis de la serie de parámetros de oleaje propagado al punto objetivo. La curva de estados de mar de cada temporal se determina mediante el método ETDS (Equivalent Triangle Duration Storm), M. Martín-Hidalgo et al (2014).

Cada año de cada vida útil simulada, se analizan  $NTa_i$  temporales, y dentro de cada temporal se analizan los  $D_j$  estados de mar, caracterizados por  $H_{m0j}$   $T_{pj}$ . Simultáneamente, se van extrayendo las variables que intervienen en la ecuación de verificación seleccionada,  $H_{50}$  y  $T_{H50}$  (periodo medio de las 50 olas mayores).

Los parámetros geométricos y de los materiales (pendiente del talud, densidad y tamaño de la escollera, permeabilidad del dique, etc.), y los coeficientes de la ecuación de verificación, se seleccionan aleatoriamente al inicio de cada vida útil y se considera que se mantienen constantes a lo largo de la misma. La altura de ola  $H_{m0}$  se considera el agente climático predominante y con ella se correlacionan el resto de las variables climáticas: duración del temporal, nivel del mar, periodo de pico, densidad del agua (función de salinidad y temperatura). En el caso de que la correlación sea baja, se asume que la variable aleatoria es independiente.

### Modelización de cada estado de mar

Los diques en talud suelen encontrarse en profundidades tales que el fondo condiciona la forma del espectro del oleaje. Para generar olas de cada estado de mar, se ajusta un espectro de tipo TMA,  $f(h, H_{m0} \text{ y } T_p)$ . A partir del TMA ajustado, se genera la serie temporal

de la superficie libre mediante el método de fases aleatorias, y se extraen los pares (H, T) por el método de pasos ascendentes por cero. A la serie de olas obtenida se le pasa el criterio de rotura de Goda, limitando la altura de ola a la altura de rotura.

### Aplicación a un caso práctico

Se ha aplicado este método al diseño de 2 tramos de dique en talud de escollera en el Cantábrico con diferentes profundidades (Punto 1→h=4 m y Punto 2→h=10 m). El prediseño se ha realizado siguiendo la metodología ROM. Se ha calculado la probabilidad de fallo con el método propuesto variando los valores de los parámetros de ajuste de la ecuación de verificación (cuantiles del 5% y 15%) y el tipo de distribución de la variable altura de ola (Pareto, Weibull) (ver Tabla 1). Como puede verse en la Tabla, si se utiliza el cuantil del 15%, la probabilidad de fallo de la obra (en los 2 puntos de análisis) es superior a la admitida por la ROM (PF=0,2). La convergencia de la probabilidad de fallo en función del nº de vidas útiles simuladas se puede observar en la Figura 1, para uno de los casos estudiados.

CASO	DESCRIPCIÓN	D <sub>n50</sub> (m) Peso W(t)	Distribución H <sub>mop</sub>	Vidas útiles ensayadas	PF
1	Punto 1 (CUANTIL 5%)	2,4315 37 t	Pareto	2.000	0,161
2	Punto 1 (CUANTIL 15%)	2,2401 29 t	Pareto	2.000	0,332
3	Punto 1 (CUANTIL 5%)	2,4315 37 t	Weibull	1.000	0,194
4	Punto 2 (CUANTIL 5%)	3,3953 100 t	Pareto	940	0,106
5	Punto 2 (CUANTIL 15%)	3,1127 77 t	Pareto	400	0,260

Tabla 1. Probabilidad de Fallo.

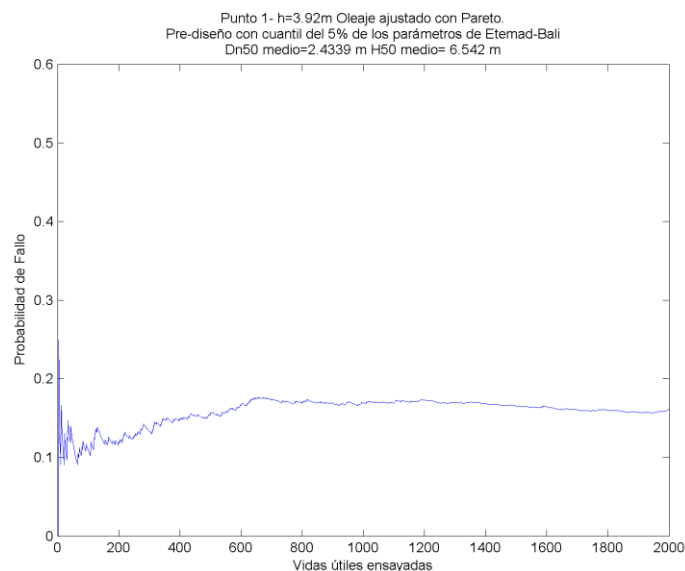


Figura 1. Convergencia Probabilidad de Fallo-Caso 1.

### REFERENCIAS

- Etemad-Shahidi, A, Bali, M. 2011. Stability of rubble-mound breakwater using H50 wave height parameter. *Coastal Engineering*, 59, 38-45.
- Martín-Hidalgo, M., Martín-Soldevilla, M.J., Negro, V., Aberturas, P., López-Gutiérrez, J.S. 2014. Storm evolution characterization for analysing stone armour damage progression. *Coastal Engineering*, 85, 1-11.