

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE DISEÑO EN EL COSTE DE CONSTRUCCION DEL MANTO PRINCIPAL DE CUBOS Y CUBIPODOS

J. Molines¹, Maria P. Herrera¹, A. Corredor²

¹Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 14, 46022 Valencia, jormollo@upv.es, mahergam@upv.es

²SATO-OHL, Paseo de la Castellana, 259D, Torre Espacio, 28046, Madrid, acorred@ohl.es

INTRODUCCIÓN

Los diques en talud son las obras de abrigo tradicionales de la costa española para crear puertos y otras zonas abrigadas del ataque del oleaje. Manuales como el CIRIA/CUR/CETMEF (2007), por ejemplo, proporcionan al proyectista herramientas para dimensionar el manto principal, evaluar la tasa de rebase, calcular las fuerzas sobre el espaldón, etc. CIRIA/CUR/CETMEF (2007) considera que un diseño integrado de una estructura marítima debe considerar factores técnicos, económicos, medioambientales y sociales. Centrándonos en los factores económicos, éstos se pueden agrupar en cuatro categorías: (1) suministro de materiales; (2) construcción; (3) mantenimiento y reparación y (4) desmantelamiento.

Corredor et al. (2008) realizaron un estudio paramétrico del coste de construcción de mantos de cubos y Cubípodos considerando seis factores claves: (1) suministro de hormigón; (2) encofrados y equipos de manipulación; (3) producción; (4) preparación de la instalación para fabricación de bloques; (5) área de fabricación y almacenamiento y (6) transporte y colocación.

Existe una extensa bibliografía que trata los aspectos técnicos del diseño de diques en talud; sin embargo, es difícil encontrar estudios genéricos de costes. El coste de construcción del manto principal es un factor relevante que debe considerarse para evaluar el coste total de la obra. En el presente estudio se analizan los datos de Corredor et al. (2008) para obtener tres formulaciones que permiten estimar el coste de construcción del manto principal de cubos y Cubípodos (Figura 1). Las nuevas fórmulas son aplicadas para evaluar la influencia sobre el coste de construcción de variaciones en (1) el tamaño de la pieza, (2) la porosidad y (3) talud de la estructura.

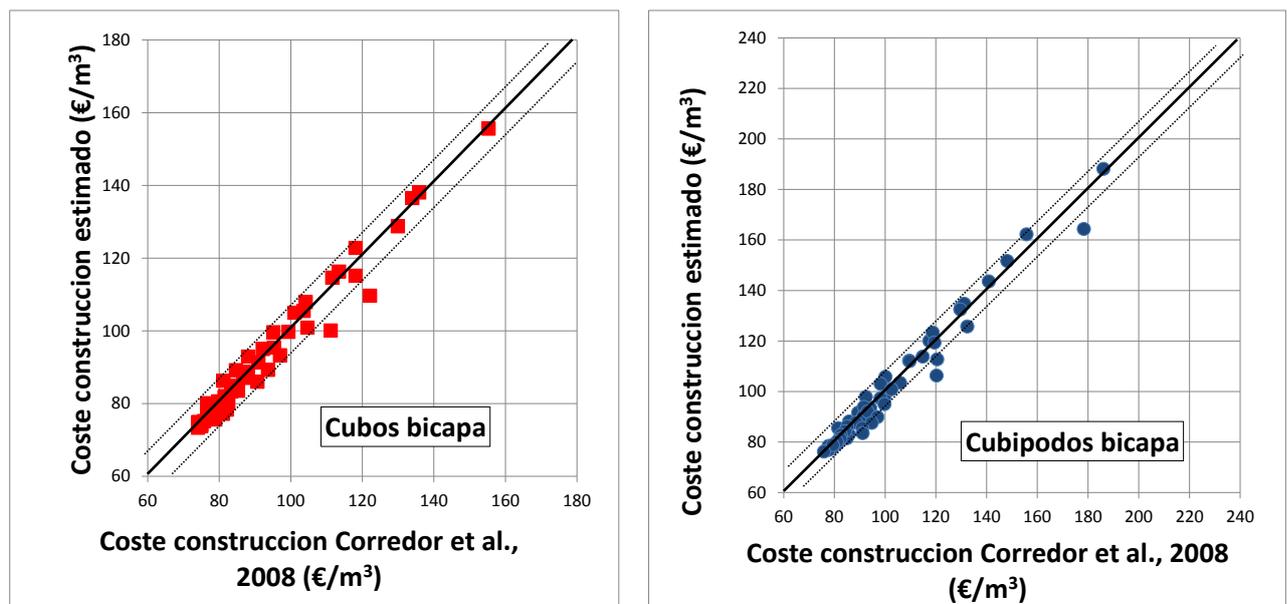


Figura 1. Ajuste de las nuevas formulaciones a los datos de Corredor et al. (2008).

INFLUENCIA DE VARIABLES DE DISEÑO SOBRE EL COSTE DE CONSTRUCCION

Las nuevas fórmulas se han empleado sobre un dique genérico con manto de cubos bicapa; tronco recto en planta; altura de ola de diseño, $H_s(m)=7$; calado, $h(m)=15$; porosidad, $p\%=41.5$; talud, $cota=2$; densidad del hormigón, $\rho_r(t/m^3)=2.35$; densidad del agua de mar, $\rho_w(t/m^3)=1.025$ y coste de suministro de hormigón, $CON(€/m^3)=60$.

Empleando la fórmula de Hudson para cubos bicapa con $K_D=6$ se obtiene un peso de $W(t)=31.1$. Analizando tres longitudes de dique ($L(m)=400, 1000$ y 2500), utilizando las nuevas fórmulas se ha calculado que desviaciones de una tonelada respecto al peso inicial $W(t)=31.1$ suponen un incremento de coste de $\Delta C=70$ €/m.

Medina et al. (2014) destacan la influencia de la porosidad en la estabilidad de mantos de cubos. Empleando la fórmula de Medina et al. (2014) y una longitud de tronco de $L(m)=1000$, se ha analizado la influencia de variaciones en la porosidad y el talud de la estructura sobre el coste de construcción considerando cuatro configuraciones: (1) $p\%=41.5$, $cota=2$; (2) $p\%=46$, $cota=2$; (3) $p\%=41.5$, $cota=1.5$ y (4) $p\%=46$, $cota=1.5$ (Tabla 1).

Configuración de dique	Peso bloques $W(t)$	Volumen hormigón $V(m^3)$	Coste construcción $C_B(€/m^3)$	Coste construcción $C(€/m)$	Coste construcción relativo (%)
$p\%=41,5$, $cota=2$	40,2	202246,7	84,9	17166,8	100%
$p\%=46$, $cota=2$	53,6	205510,5	82,7	16998,4	99%
$p\%=41,5$, $cota=1,5$	47,8	172713,4	84,8	14640,7	85%
$p\%=46$, $cota=1,5$	63,7	175500,5	82,6	14499,0	84%

Tabla 1. Influencia de la porosidad y el talud del dique sobre el coste de un manto de cubos bicapa.

Al aumentar el talud de la estructura de $cota=2$ a $cota=1.5$, el consumo de hormigón (m^3) decrece un 15%, el peso de los elementos (t) aumenta un 19%, el coste de construcción por m^3 se mantiene aproximadamente constante y el coste de construcción por metro lineal disminuye un 15%. Por otro lado, al aumentar la porosidad de $p\%=41.5$ a $p\%=46$, el consumo de hormigón (m^3) aumenta un 2%, el peso de los elementos (t) aumenta un 25%, el coste de construcción por m^3 aumenta un 3% y el coste de construcción por metro lineal se mantiene aproximadamente constante.

El coste de construcción es más sensible a variaciones en el talud de la estructura que en la porosidad del manto, principalmente debido al mayor consumo de hormigón. Al incrementar la porosidad también se debe aumentar el peso de las piezas para que el manto sea estable, no afectando notoriamente a los costes de construcción. Considerando los costes de construcción, es preferible diseñar con taludes fuertes.

REFERENCIAS

- CIRIA, CUR and CETMEF (2007): The rock manual: The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), C683, CIRIA, London.
- Corredor, A., Torres, R., Miñana, J.V., Fernández, E., Menéndez, C.F., Santos, M., Gómez-Martín, M.E., Goumy, R. and Medina, J.R. (2008). CUBÍPODO: Ensayos de estabilidad hidráulica 2D y 3D, estudio del remonte y rebase, diseño del encofrado y ensayos de caída de prototipos, *Libro del III Congreso Nacional de la Asociación Técnica de Puertos y Costas*, Puertos del Estado, p. 187-211.
- Medina, J.R., Molines, J. and Gómez-Martín, M.E. (2014). Influence of armour porosity on the hydraulic stability of cube armour layers. *Ocean Engineering*, ELSEVIER, 88 (2014): 289-297.