

Malecón Tradicional de La Habana. Parte III: Combinación de muros y bermas contra el rebase

Dr.C Luis Córdova López

email: cordova@tesla.cujae.edu.cu

Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

Dr.C Mariano Buccino

email: buccino@unina.it

Universidad de Nápoles Federico II, Nápoles, Italia.

Dr.C Ronnie Torres Hugues

email: ronnie@cih.cujae.edu.cu

Centro de Investigaciones Hidráulicas, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se presenta otra parte de una campaña experimental usando modelación física para obtener una solución efectiva en la reducción del sobrepaso del oleaje en el Malecón Tradicional de La Habana. Se determinó la tasa media de sobrepaso para la situación actual y para otras tipologías de muro y muros combinados con berma. La evaluación de las alternativas fue llevada a cabo mediante un análisis comparativo, considerando la reducción la tasa media de rebase, así como observando cuál de estas cumple con la tasa media de descarga de 50 L/sm. Esto confirmó que las variantes que combinan el muro curvo con las bermas generan los mejores resultados para las condiciones estudiadas de clima marítimo y las restricciones técnicas impuestas.

Palabras clave: bermas, modelación física, muros costeros, rebase del oleaje.

La Habana's Malecón Tradicional: combinations of seawall and berms against overtopping.

ABSTRACT

This paper present other part of the extensive experimental campaign by physical model in order to obtain an effective solution to reduce the wave overtopping in the Malecón traditional. It was determined the wave overtopping rate for the current situation and for two typologies of seawalls and seawalls combined with berms. It presents a comparative study, taking into account the alternative fulfill the admissible rate of 50 L/ms as project restriction. The testes confirm that the combination of the seawall and berm has the best results for the wave and water level studies conditions, and for the technical restrictions.

Keywords: berms, physical modeling, curve seawall, average wave overtopping.

INTRODUCCIÓN

Desde la década del 90 del siglo pasado el gobierno cubano ha estado buscando una solución que reduzca el riesgo de inundaciones y respete el valor arquitectónico del litoral de La Habana, científicos e ingenieros del Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH) de la Universidad Tecnológica de La Habana, “José Antonio Echevarría”, Cujae, han presentado estudios de gabinete, y mediante modelos a escala, Córdova (1999) en el que se han considerado varias soluciones, incluyendo un ligero incremento de la corona del muro, la curvatura del perfil exterior y la colocación de estructuras de protección, tales como bermas y rompeolas de baja cresta. Desde el año 2013 se han realizados estudios en el denominado Malecón Tradicional sector del malecón habanero. Existe una gran incertidumbre sobre la efectividad de las soluciones de gabinete propuestas, Córdova et al. (2013), ya que no hay fórmulas que representen la forma correcta de las condiciones ambientales y el tipo de estructuras. Para tener una idea más concreta del efecto de cada solución se acudió a los estudios de modelación física en la Universidad de Nápoles “Federico II”, en Italia, Córdova et al. (2016). Este documento describe parte de la campaña experimental referida al muro curvo y la combinación de estos con bermas, así como la discusión de los resultados de las pruebas.

El principal objetivo de este trabajo es analizar mediante la modelación física las diferentes alternativas que han sido presentadas por los estudios de gabinete, tomando el rebase promedio del oleaje como la variable a evaluar la efectividad de las variantes, y se presenta los resultados de las pruebas, haciendo énfasis en las alternativas que satisfacen la descarga media admisible de 50 L/sm (0.05 m³/sm) según Eurotop (2007).

CARACTERÍSTICAS DE LA CAMPAÑA DE EXPERIMENTACIÓN

Las pruebas de modelo físico fueron realizadas en el tanque de oleaje irregular (RATA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Civil, Arquitectura y Medioambiente (DICEA, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Nápoles “Federico II”. La instalación es de 36 m de largo, 18 m de ancho y 1,2 m de profundidad y está provisto de 16 generadores independientes de pistón, capaz de simular trenes de oleaje regular e irregular con diferentes ángulos de propagación y (para oleaje aleatorio) abanico direccional.

Configuración de modelo

La escala del modelo estuvo basada en la similitud geométrica de Froude. La escala de relación de longitud del modelo fue 1:30 y provee que las olas fueron generadas comenzando desde un punto alejado de la costa cercano a los 20 m (en prototipo) por debajo del nivel medio del mar.

Se sometieron las variantes de protección a 16 pruebas, dos niveles del nivel del mar son considerados, uno corresponde al escenario del huracán Wilma 2005, y el otro al período de retorno 1 en 50 años (tabla 1). Para cada nivel se somete a 8 estados del mar con espectro del oleaje tipo JONSWAP con duración de 1000 olas, los valores de H_s en la paleta son 2,7 m, 4,0m, 5,4 m y 6,5 m, con dos períodos picos $T_p = 10$ s y 12 s. El fondo del modelo no sufrió cambios. La escala del modelo es 1:30 según Córdova et al. (2015).

Tabla 1. Datos de los escenarios seleccionados

Escenarios	Surgencia y/o Sobreelevación (m)	Pleamar (m)	Cambio Climático (m)	Nivel del mar total (m)
Período de Retorno 50 años	1,06	0,40	0,27	1,73
Huracán Wilma	1,31	0,40	0,27	1,98

Muros y estructuras de defensa

Actualmente, el muro del malecón es un muro vertical simple con un bordo libre de cota más baja (R) de +3,96 m relativo al nivel medio del mar (figura 1a). Adicionalmente, se ha considerado una variante de muro curvo como la esquematizada en la figura 1b. Además de los +3,96 m, fueron probados dos niveles más: +4,46 m y +4,96 m. Por tanto, han sido probados 6 tipos de muros (tres curvos y tres verticales).

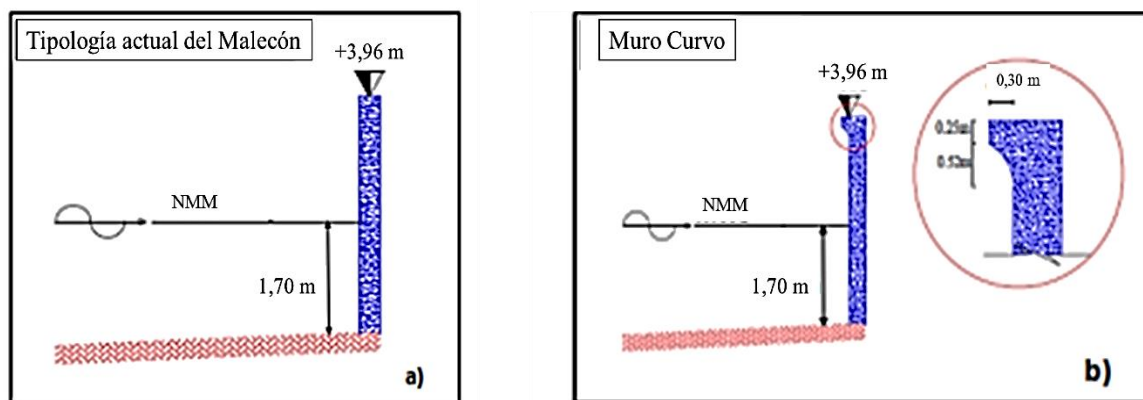


Figura 1. a) forma actual del muro del Malecón b) variante con muro curvo.

La variante con muro curvo de simple curvatura tiene un ángulo de salida de 30° y el radio de la curvatura es de 0,60 m. La sección propuesta en este estudio tiene su origen de diferentes investigaciones hechas por Córdova (1999).

Colocación de bermas combinadas con las tipologías de muros costeros

Además de la variación del bordo libre y la forma exterior de los muros, también fue analizado el efecto de las bermas de elementos sueltos (figuras 2 y 3) en el sobrepaso del oleaje. La alternativa está compuesta por un muro y una berma al frente del muro, el objetivo es combinar los efectos de la berma, en su función de romper la ola antes que alcance el muro, direccionar el chorro de la ola rota hacia el muro, en el caso de la aplicación del muro de simple curvatura, la curvatura re direccionará el chorro del agua hacia el mar.

Las características geométricas de las bermas han sido derivadas de estudios de gabinete concernientes a posibles estructuras de protección para el malecón tradicional, Córdova et al. (2013). El uso de bermas de elementos sueltos reduce la energía del oleaje debido a las rugosidades y la permeabilidad. Para las pruebas fueron usadas rocas. La figura 4 muestra las

combinaciones. Una malla de acero recubre cada berma para evitar el desplazamiento de las rocas, de esta manera solo se tiene en cuenta la efectividad y no la estabilidad.

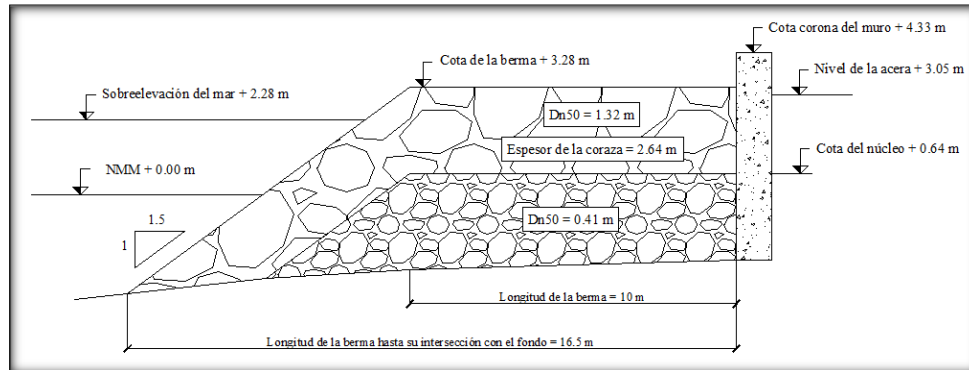


Figura 2. Muro vertical combinado con berma.

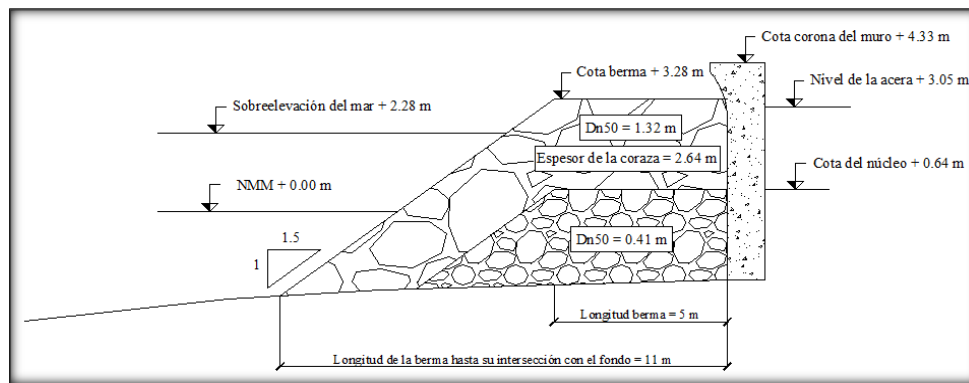


Figura 3. Muro de curvatura simple combinado con berma.

Respecto a la geometría de las bermas, han sido analizadas 3 variantes, ver tabla 2. Cada una ha sido combinada con un muro vertical que presenta un $R_c = 3,96$ m y con un muro curvo de $R_c = 4,46$ m.

Tabla 2. Variantes de bermas.

Tipo de berma	Talud frontal	Altura de berma (m)	Ancho de berma (m)
1	1:1,5	+3,28	5
2	1:1,5	+2,28	20
3	1:1,5	+1,73	30

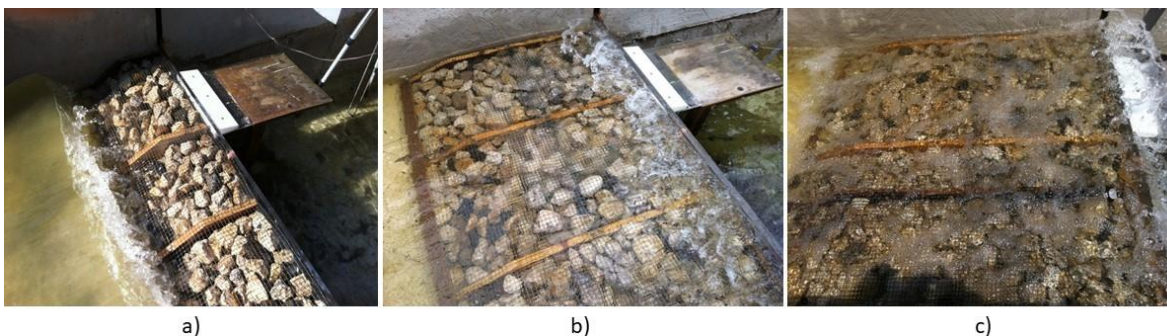


Figura 4. Bermas en el modelo físico a) tipo 1 b) tipo 2 c) tipo 3.

Fases para la campaña de investigación

Para obtener las tasas de rebase promedio en el muro vertical y la variante de muro curvo se tuvieron en cuenta 16 condiciones o pruebas, combinando dos condiciones de elevación del mar y ocho condiciones del mar (cuatro alturas de ola y dos periodos). Fueron establecidas dos fases, una para muro vertical y la segunda para muro curvo, considerando seis tipologías de muros:

1. Muro vertical a la +3,96 m (situación actual)
2. Muro vertical a la +4,46 m
3. Muro vertical a la +4,96 m
4. Variante curva con simple curvatura a la +3,96 m
5. Variante curva con simple curvatura a la +4,46 m
6. Variante curva con simple curvatura a la +4,96 m

Además, el efecto de los tres tipos de bermas fue incluido, por tanto, se adicionó una tercera fase. En esta solo fueron consideradas dos tipologías:

1. Muro vertical a la +3,96 m (situación actual)
2. Variante curva con simple curvatura a la +4,46 m

Para un total de seis combinaciones. Las estructuras para las fases 1 y 2 fueron sometidas a las 16 pruebas con una duración de 1000 olas. Por su parte, las combinaciones de estructuras para la fase 3 fueron sometidas a 8 pruebas (sin considerar $Tp=10s$). El programa final de pruebas quedó como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Secuencia de pruebas.

Fase experimental	Número de pruebas
Calibración	16
Fase 1	48
Fase 2	48
Fase 3	48
TOTAL	160

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE REBASE

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos en el proceso de calibración de las características del oleaje en prototipo. Los valores de altura de ola (H_s , correspondiente al comienzo del perfil) y periodo pico para las 16 pruebas.

Tabla 4. Olas medidas.

Escenario	# Prueba	Valor en prototipo			
		$H_{so} (m) A.P$	$H_s (m)$	$T_p (s)$	$h (m)$
Huracán Wilma	1	4	2,7	12	21,00
	2	6	4,0	12	21,00
	3	8	5,4	12	21,00
	4	10	6,5	12	21,00
	5	4	2,7	10	21,00
	6	6	4,0	10	21,00
	7	8	5,4	10	21,00
	8	10	6,5	10	21,00
50 años de periodo de retorno	9	4	2,7	12	20,45
	10	6	4,0	12	20,45
	11	8	5,4	12	20,45
	12	10	6,5	12	20,45
	13	4	2,7	10	20,45
	14	6	4,0	10	20,45
	15	8	5,4	10	20,45
	16	10	6,5	10	20,45

Nota: la profundidad del agua (h) está referida al comienzo de la batimetría, por lo que 21m corresponde a 18,72 m + 2,28 m (nivel del agua para el huracán Wilma) y 20,45 m a 18,72 m + 1,73 m (1/50 PR). $H_{so} AP$, Altura de ola significativa en aguas profundas.

En la tabla 5 son mostrados los valores del rebase medidos en prototipo para las 96 pruebas (fases 1 y 2).

Obsérvese que los máximos valores para el rebase del oleaje ocurren para la situación actual (muro vertical a la +3,96 m), estando en el orden de 1,0 m³/s m a 1,3 m³/s/m. El muro de simple curvatura a la misma cota del muro actual, dígase +3,96 m no genera una reducción de rebase significativa para el escenario del huracán Wilma, principalmente para el período pico de 12s, debido a la sobreelevación del nivel medio del mar para este escenario. Naturalmente, cuando se incrementa la cresta del muro este valor decrece para ambas tipologías de muro. Respecto al valor establecido (0,05 m³/sm) como demanda técnica, solo en dos casos este fue cumplido: la prueba 9 ($H_s = 2,70$ m; $T_p = 12$ s y $S = 1,73$ m) y la prueba 13 ($H_s = 2,70$ m; $T_p = 10$ s y $S = 1,73$ m).

En las figuras 5 y 6 se presentan los porcentos de reducción del rebase para el escenario de período de retorno 50 años y huracán Wilma para el muro curvo a la cota +4,46 m (representa 0,50 metros como máximo para cumplir con la restricción de no sobrepasar la altura con respecto al nivel de la acera de 1,25 m). Los mayores porcentos se presentan para las alturas de olas de 4,0 m y 6,0 m en aguas profundas, con un 65,3 % y 53,5 % para el escenario período de retorno 50 años, y de un 52,2 % y 41,5 % para el escenario del huracán Wilma teniendo en cuenta ambos

períodos picos. En el caso de los escalones de oleaje de 6,0 m y 8,0m los porcentos son menores 42,6 % y 36,55 % para el período de retorno 50 años, y de un 34,9 % y 32,25 % para el escenario del huracán Wilma. Se puede concluir que el muro de simple curvatura es más efectivo que el muro vertical.

Tabla 5. Valores del rebase del oleaje en m³/sm (prototipo).

Prueba	Hs (m)	Tp (s)	S (m)	Muro vertical			Muro curvo		
				+3,96 m	+ 4,46 m	+4,96 m	+3,96 m	+ 4,46 m	+4,96 m
1	2,7	12	2,28	0,373	0,265	0,192	0,339	0,185	0,127
2	4,0	12	2,28	0,596	0,440	0,337	0,591	0,321	0,244
3	5,4	12	2,28	0,879	0,697	0,547	0,828	0,583	0,495
4	6,5	12	2,28	1,133	0,945	0,741	1,060	0,827	0,715
5	2,7	10	2,28	0,345	0,290	0,194	0,312	0,159	0,141
6	4,0	10	2,28	0,533	0,414	0,291	0,461	0,337	0,247
7	5,4	10	2,28	0,736	0,592	0,407	0,672	0,470	0,395
8	6,5	10	2,28	0,985	0,764	0,566	0,906	0,616	0,581
9	2,7	12	1,73	0,185	0,123	0,104	0,133	0,067	0,045
10	4,0	12	1,73	0,339	0,238	0,190	0,292	0,171	0,127
11	5,4	12	1,73	0,557	0,424	0,337	0,513	0,341	0,256
12	6,5	12	1,73	0,800	0,631	0,495	0,762	0,527	0,414
13	2,7	10	1,73	0,183	0,129	0,092	0,133	0,061	0,050
14	4,0	10	1,73	0,294	0,206	0,140	0,188	0,124	0,087
15	5,4	10	1,73	0,467	0,334	0,244	0,342	0,250	0,188
16	6,5	10	1,73	0,667	0,469	0,386	0,637	0,406	0,317

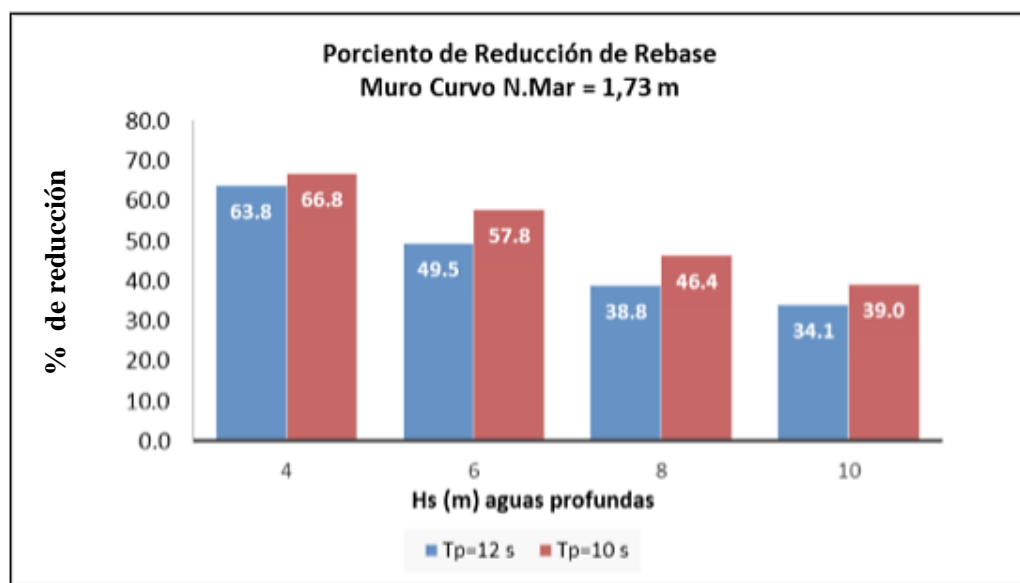


Figura 5. Porcentaje de reducción muro curvo. Escenario Período de retorno 50 años

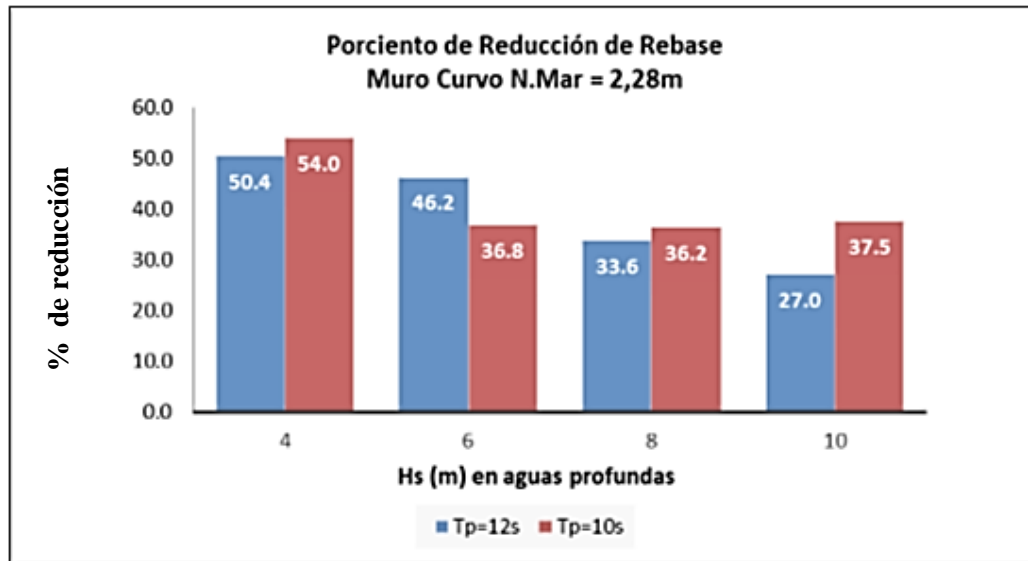


Figura 6. Porciento de reducción muro curvo. Escenario huracán Wilma

La variante de muro de simple curvatura a la +3,96 m solo reduce ligeramente el rebase del oleaje, debido a que la relación altura de ola/bordo libre es pequeña. Para condiciones mayores de bordo libre ocurre una reducción mayor. Para todos los casos la variante curva con simple curvatura produce mejores resultados. La figura 7 muestra cómo funcionan los muros contra el impacto del oleaje, se destaca como el agua retorno en el muro curvo.

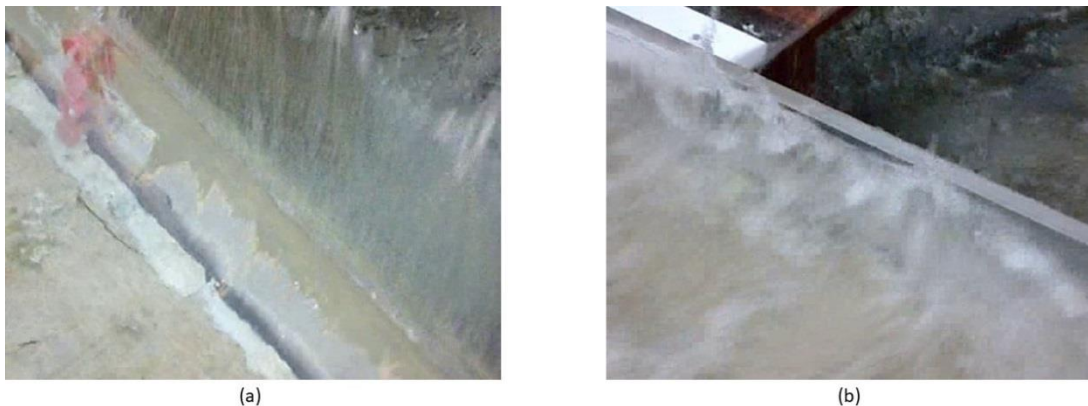


Figura 7. Comportamiento del impacto de la ola a) contra el muro vertical b) contra el muro curvo.

Tomando en cuenta la demanda técnica que establece que la altura del muro medida desde la acera no debe ser mayor que 1,25 m; la opción válida es incrementar la corona del muro 0,5m, obteniendo una cota de +4,46 m sobre el nivel medio del mar. En la tabla 6 se muestra una comparación entre la reducción del rebase del oleaje (en porciento) para la situación actual y para la variante de muro con simple curvatura a la +4,46 m. el color azul indica el escenario de 50 años de periodo de retorno y el naranja el correspondiente al huracán Wilma. Con el primero se logra una reducción del 41,5% y para el otro una de 39,6 %.

Tabla 6. Reducción del rebase del oleaje (en porciento) entre el muro vertical a la +3,96 m y el muro curvo a la +4,46 m.

	1/50 RP						
	Huracán Wilma						
	Prueba	H_s (m)	T_p (s)	S (m)	Muro vert. +3,96m	Muro curvo + 4.46 m	% Reducción
Escenario huracán Wilma	1	2,7	12	2,28	0,373	0,185	50,4
	2	4,0	12	2,28	0,596	0,321	46,2
	3	5,4	12	2,28	0,879	0,583	33,6
	4	6,5	12	2,28	1,133	0,827	27,0
	5	2,7	10	2,28	0,345	0,159	54,0
	6	4,0	10	2,28	0,533	0,337	36,8
	7	5,4	10	2,28	0,736	0,470	36,2
	8	6,5	10	2,28	0,985	0,616	37,5
Escenario 50 años de periodo de retorno	9	2,7	12	1,73	0,185	0,067	63,8
	10	4,0	12	1,73	0,339	0,171	49,5
	11	5,4	12	1,73	0,557	0,341	38,8
	12	6,5	12	1,73	0,800	0,527	34,1
	13	2,7	10	1,73	0,183	0,061	66,8
	14	4,0	10	1,73	0,294	0,124	57,8
	15	5,4	10	1,73	0,467	0,250	46,4
	16	6,5	10	1,73	0,667	0,406	39,0

Solución combinando muros y bermas

Analizando las figuras 8 y 9 se presenta una comparación entre el rebase del oleaje para diferentes variantes de combinación, también se incluyen los resultados para la situación actual y la variante de muro con simple curvatura a la +4,46 m (primera y quinta columna) como referencia. En esta “MV” representa muro vertical, “MC” muro curvo y “B1”, “B2” y “B3” los tipos de berma.

Respecto al valor establecido ($0,05 \text{ m}^3/\text{s m}$) como demanda técnica, solo en ocho casos para ambos escenarios este se satisface, correspondiendo con $H_{so}=4,0$ m, y ocurren para la combinación de muro curvo con todos los tipos de bermas. En el caso del escalón de $H_{so}=6,0$ m los valores están en el orden de magnitud del valor establecido como rebase admisible. Para los escalones de $H_{so}=8,0$ m y $H_{so}=10,0$ m se produce una reducción sensible pero no se logra reducir a la cantidad deseada.

Es evidente que la combinación de muro curvo de simple curvatura a la +4,46 m y bermas es más eficiente en la reducción del rebase medio del oleaje que el muro vertical a la +3,96 m para ambos escenarios. Observando la figura 8 se puede constatar que para los dos primeros escalones de oleaje la variante de muro curvo tiene resultados en el mismo orden de magnitud ($0,067 \text{ m}^3/\text{ms}$ y $0,171 \text{ m}^3/\text{ms}$) que la situación actual combinada con la berma tipo 1 ($0,068 \text{ m}^3/\text{ms}$ y $0,209 \text{ m}^3/\text{ms}$). Para los dos siguientes escalones el muro con simple curvatura trabaja mejor, ya

que permite una reducción del rebase de 0,1 m³/ms y 0,2 m³/ms respectivamente. El mismo comportamiento es experimentado para el escenario del huracán Wilma.

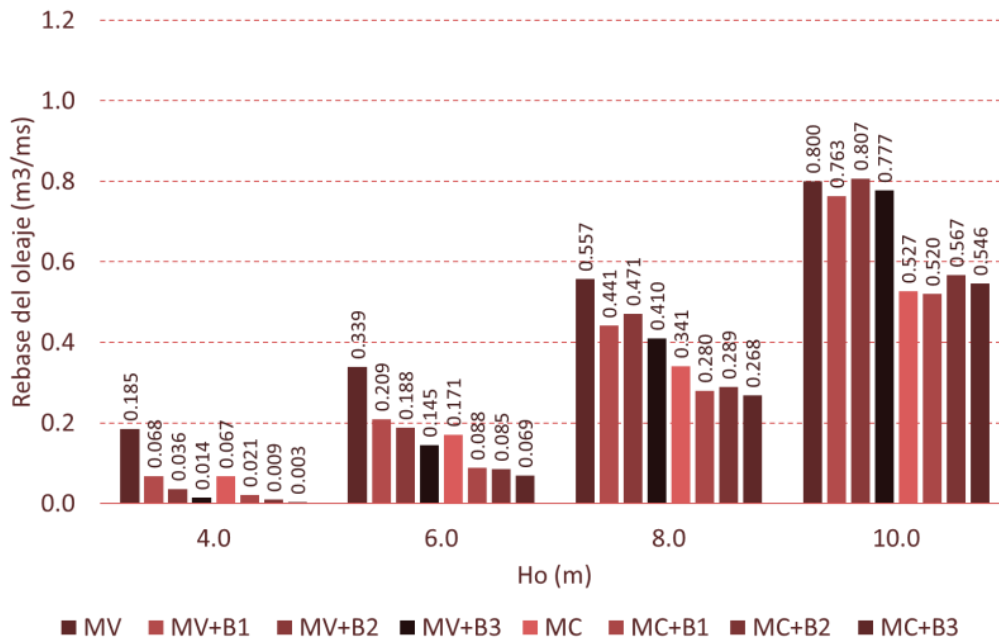


Figura 8. Rebase del oleaje para combinaciones de berma y muros. Escenario 50 años de periodo de retorno ($S=1,73m$; $Tp =12s$).

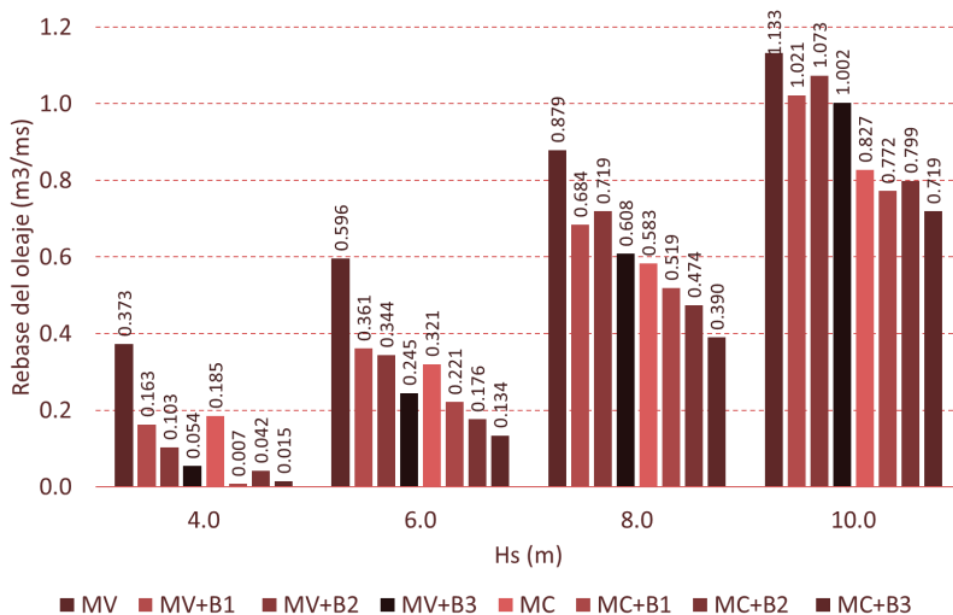


Figura 9. Rebase del oleaje para combinaciones de berma y muros. Escenario huracán Wilma ($S=2,28m$; $Tp =12s$).

Con estos resultados se puede concluir que el muro de simple curvatura es más eficiente en la reducción del rebase medio del oleaje que la situación actual, dígame muro vertical con berma. Aunque este último trabaja mejor en las condiciones de escalones de oleaje más pequeños, considerando anchos de berma de 20 m y 30 m, pero si se tiene en cuenta el alto costo de construcción, no se justifica su selección.

Al mismo tiempo, si se analiza la efectividad de la combinación de muro con simple curvatura (+4,46 m) y bermas y la situación actual con bermas, la primera combinación es mejor. Esto justifica la opción de construir este muro curvo y posteriormente la berma.

Para profundizar en la discusión de estas alternativas, se presentan las figuras 10 y 11, estas muestran el porcentaje de reducción del rebase medio considerando el muro con simple curvatura (+4,46 m) y las tres secciones de berma. En ambos escenarios el porcentaje de reducción del rebase es mayor para los escalones de altura de ola de 4,0 m y 6,0 m, encontrándose entre 80% - 95%, y 60% - 80% respectivamente. Los mayores valores corresponden con la berma tipo 3 (de mayor longitud). Para los escalones de altura de olas mayores los valores oscilan entre 29% y 55% para ambos escenarios.

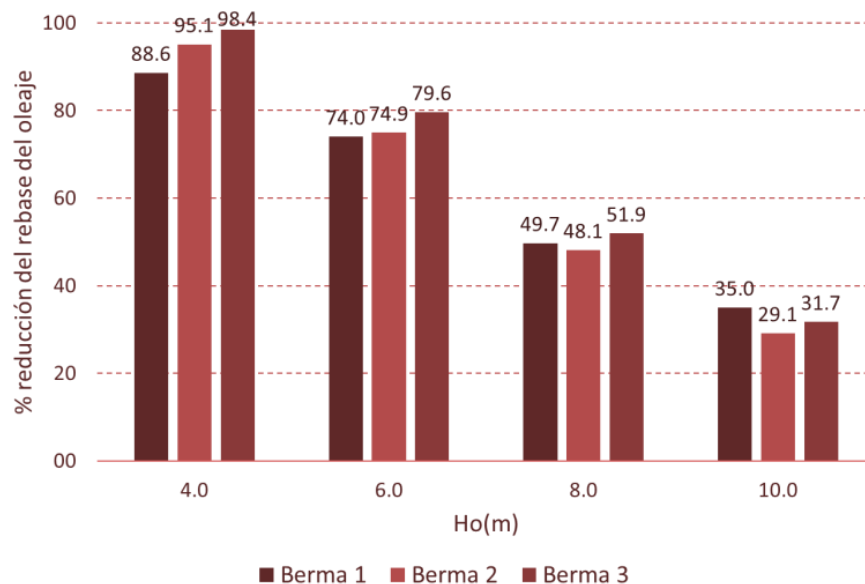


Figura 10. Reducción del rebase del oleaje producido por el muro curvo y las bermas para el escenario 50 años de periodo de retorno ($S=1,73\text{m}$; $T_p=12\text{s}$).

En la tabla 7 se realiza la comparación entre las bermas tipo 1 y tipo 3, indicando que para $H_s=2,7$ m se produce la mayor diferencia en porcentaje de reducción, con un valor de un 15% para el escenario del huracán Wilma. El valor más pequeño (2,20%) tuvo lugar para el escalón de 5,4 m de altura de ola en el escenario de 50 años de periodo de retorno, no representado una diferencia significativa. Para este escenario se destaca que para la $H_s=10,0$ m la berma tipo 1 es más efectiva que la de tipo 3, con -3,30 % de diferencia.

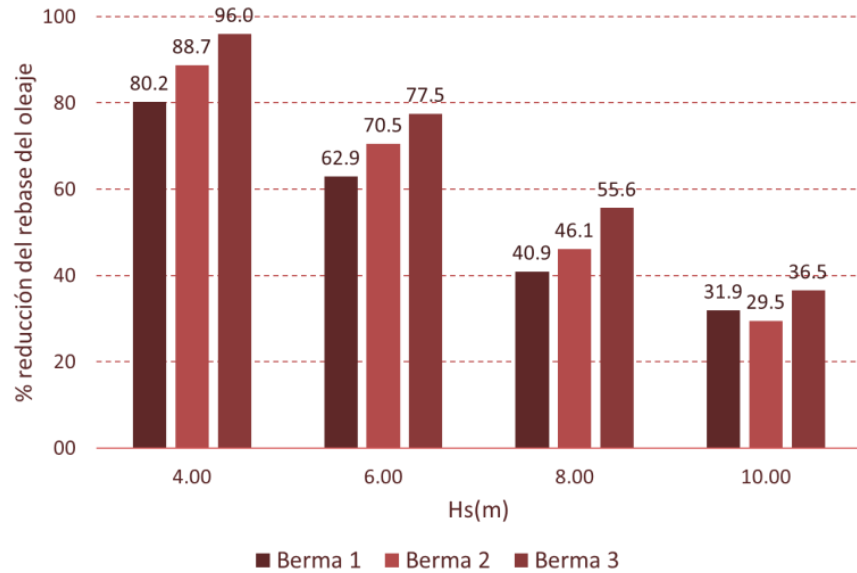


Figura 11. Reducción del rebase del oleaje producido por el muro curvo y las bermas para el escenario huracán Wilma ($S=2,28m$; $Tp =12s$).

Tabla 7. Diferencia (en porciento) entre la berma tipo 1 y berma tipo 3.

Escenarios	H_{so} (m) A.P	H_s (m) 20 m prof.	T_p (s)	S (m)	Diferencia (en porciento) entre bermas tipo 1 y 3
50 años de periodo de retorno	4,0	2,7	12	1,73	9,8
	6,0	4,0	12	1,73	5,60
	8,0	5,4	12	1,73	2,20
	10,0	6,5	12	1,73	-3,30
Huracán Wilma	4,0	2,7	12	2,28	15,80
	6,0	4,0	12	2,28	14,60
	8,0	5,4	12	2,28	14,70
	10,0	6,5	12	2,28	4,60

Tomando en cuenta el último análisis, se puede concluir que la longitud de la berma no es el principal elemento en la reducción significativa de la energía de la ola y del rebase del oleaje. Son los complejos fenómenos de interacción entre oleaje y estructura los causantes de estos resultados. Por otro lado, el parámetro más influyente es la cresta de la berma, siendo la diferencia de 1,55 m ($3,28\text{ m} - 1,73\text{ m}$). Para la berma tipo 1 (+3,28 m), en ambos escenarios esta se encuentra por encima del nivel de tormenta. Por lo que se concluye que la berma tipo 1 es mejor, debido a que produce similares efectos sobre el rebase y el volumen de materiales y de trabajo constructivo son menores.

CONCLUSIONES

La combinación de muro de simple curvatura (+4,46 m) y bermas es más eficiente reduciendo el rebase medio del oleaje que la situación actual con berma para los escenarios estudiados.

La combinación de muro curvo con simple curvatura (+4,46 m) y bermas ofrece los mejor resultados para los escalones $H_s=2,7$ m y $H_s=4,0$ m en aguas profundas, reduciendo entre el 60% y el 98% en dependencia de la longitud de la berma. Para valores más altos de altura de ola el porcentaje de reducción decrece, obteniendo entre el 52% al 59%.

La berma que se debe aplicar es la tipo 1 (longitud de 5 m y bordo libre de +3,28 m), produciendo efectos similares contra el impacto del oleaje que las otras variantes, fundamentalmente para las mayores alturas de ola, y su volumen de trabajo es menor.

REFERENCIAS

Córdova L. (1999). “Estudio del fenómeno de Rebase en obras de defensa de costas para las condiciones de Cuba”. Tesis de doctorado, Universidad Tecnológica de La Habana, “José Antonio Echevarría”, Cujae, La Habana.

Córdova L., Lamazares R., Salgueiro G. (2013).” Propuestas de obras de defensa de costas para dar solución a las penetraciones del mar en la zona del Malecón Tradicional de la Ciudad de la Habana”. Reporte Técnico. Centro de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba.

Córdova L., Dentale F., Capobianco A., Buccino M. (2015) “Experimental campaign on the overtopping of the seawall Malecón Tradicional”. Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference, Volumen 1-4, número 1, pp 1499 – 1505, ISBN: 978-1-880653-89-0. Hawaii, USA.

Córdova L., Buccino M., Salerno D., Pugliese E., Torres R., Capobianco A., Ponce M. (2016). “Análisis de los resultados de los estudios mediante modelación física del rebase del oleaje, presiones sobre los muros costeros y estabilidad de los elementos que componen las bermas y rompeolas. Propuesta de Solución”. Reporte Técnico. Centro de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad Tecnológica de La Habana, La Habana, Cuba.

Eurotop (2007). “Wave overtopping of sea defences and related structures: Assessment manual”, ISSN 04552-7739. Holanda

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Luis Fermín Córdova López <https://orcid.org/0000-0001-8175-6819>

Realizó la interpretación de los datos. Ejecutó el diseño de la investigación, desarrollos de los ensayos, análisis de los resultados, en la revisión y redacción del informe final.

Mariano Buccino <https://orcid.org/0000-0002-5959-6545>

Realizó la interpretación de los datos. Participó en el diseño de la investigación, desarrollo de los ensayos y análisis de los resultados.

Ronnie Torres Hugues <https://orcid.org/0000-0002-7206-6346>

Realizó la interpretación de los datos y análisis de resultados