

# **Colapso de un muro de contención construido con mampostería**

*Clariluz Díaz Vázquez*  
*Candidata a graduación en ingeniería civil, UPPR*

*Jorge Tito Izquierdo, Ph.D.*  
*Profesor*  
*Departamento de Ingeniería Civil, UPPR*

## **Sinopsis**

Este estudio presenta el análisis de un muro de contención de mampostería construido típicamente en Puerto Rico para estabilizar y contener taludes. ¿Cuán seguros y bien contruidos están estos muros? ¿Realmente poseen la resistencia adecuada para contener eficazmente el suelo en el se cual se construyeron? Ante estas interrogantes se estudió un caso particular: un muro construido de mampostería que se colapsó y ocasionó graves daños a una estructura adyacente. Se realizó un estimado de la resistencia del muro considerando los materiales con los que se construyó, su peso propio, sus dimensiones y las presiones ejercidas por el suelo. Con estos datos se encontró que la causa teórica del colapso fue el volteo, lo cual se pudo corroborar por observación del colapso.

## **Collapse of a masonry retaining wall**

### **Abstract**

This study presents the analysis of a masonry retaining wall, typically built in Puerto Rico to stabilize and retain slopes. How safe and well built are these walls?. Have they the adequate resistance to efficiently retain the soil on which they were built? Confronted with these questions, a particular case was studied: a masonry wall that collapsed causing serious damage to an adjacent structure. An estimate of its resistance, taking in consideration the materials used for its construction, its own weight, its dimensions and

## Díaz y Tito/ Colapso muro contención

the soil pressure, was realized. Using these data it was found that the theoretical cause of the collapse was the tilt, which was also confirmed with observation of the collapse.

### Descripción del problema

Puerto Rico tiene una topografía muy accidentada, por lo que el muro de contención se usa frecuentemente. Por lo tanto, estas estructuras son una solución inmediata para proteger vidas y propiedades. Pero, ¿cuán seguros y bien construidos están estos muros? ¿Realmente tienen la resistencia adecuada para contener o estabilizar el suelo, para lo cual se construyeron?

Podemos mencionar básicamente dos tipos de muros muy comunes en Puerto Rico: el muro fabricado en hormigón reforzado y el muro construido de mampostería. A nivel popular, es típico el uso del muro de mampostería. Estos muros se construyen utilizando un pórtico compuesto por columnas y vigas de hormigón armado sobre una zapata continua. Los vanos entre columnas se rellenan con bloques unidos con mortero y en ocasiones se refuerza con acero interior.

El caso que analizaremos es un muro de mampostería que se construyó para estabilizar el talud adyacente a una propiedad y que colapsó durante el paso del huracán Hortensia. El estudio del muro se realizó considerando sus dimensiones, su peso propio, los materiales utilizados, la presión ejercida por el suelo y lo observado in situ. El objetivo es realizar un estimado teórico de la causa del colapso y comparar los resultados con lo observado.

### Análisis teórico

La figura 1 presenta las condiciones existentes o plano de situación del muro analizado. Básicamente el muro se compone de tres elementos o paredes, de las cuales sólo la que está sombreada colapsó, causando serios daños a la estructura adyacente. Las otras dos funcionaban como contrafuertes improvisados.

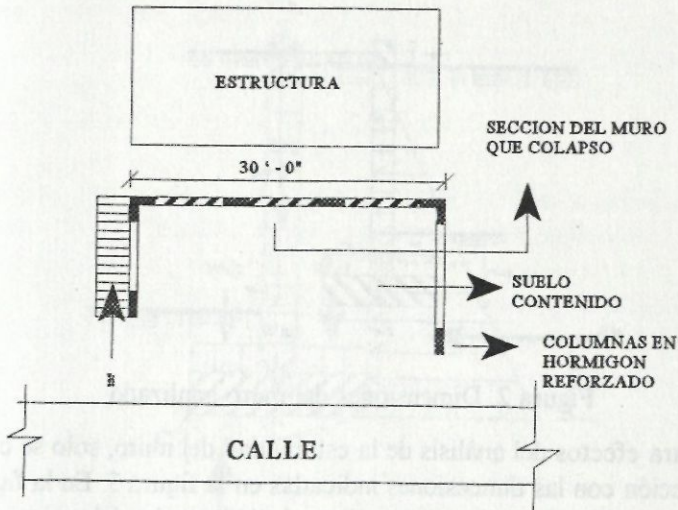


Figura. 1 Vista en planta de las condiciones existentes

En las esquinas se usaron columnas, tipo "L", de hormigón reforzado. A lo largo del muro se colocaron columnas de hormigón equidistantes unas de otras y unidas por una viga de coronación formando así un pórtico cuyos vanos se rellenaron con bloque unidos con mortero. Las dimensiones y los materiales usados en la construcción del muro se muestran en la figura 2.

## Díaz y Tito/ Colapso muro contención

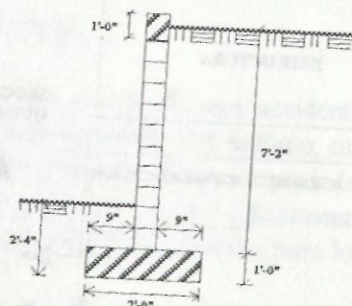


Figura 2. Dimensiones del muro analizado

Para efectos del análisis de la estabilidad del muro, solo se considera una sección con las dimensiones indicadas en la figura 3. En la figura 4 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la sección del muro donde se identifican las fuerzas actuantes.

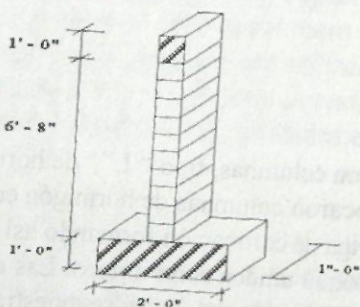


Figura 3. Sección del muro seleccionado para el análisis

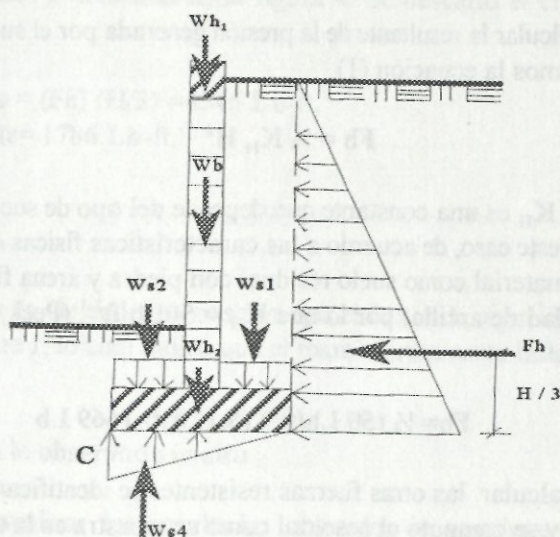


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre

En este artículo se utiliza la siguiente nomenclatura:

- $F_h$  = Fuerza resultante generada por la presión del suelo contenido.
- $W_b$  = Peso de los bloques.
- $W_h$  = Peso de la zapata y la viga de hormigón.
- $W_{s1}$  = Fuerza producida por el peso del suelo contenido sobre la zapata.
- $W_{s2}$  = Fuerza producida por el peso del suelo contenido sobre la zapata.
- $W_{s3}$  = Empuje pasivo del suelo

### Díaz y Tito/ Colapso muro contención

$W_{s4}$  = Fuerzas resultantes de la presión generada por el suelo sobre la zapata.

Para calcular la resultante de la presión generada por el suelo contenido,  $F_h$ , utilizamos la ecuación (1).

$$F_h = \frac{1}{2} K_H H^2 \quad (1)$$

Donde  $K_H$  es una constante que depende del tipo de suelo existente en el lugar. En este caso, de acuerdo a las características físicas observadas, se clasificó al material como suelo residual con piedra y arena fina limosa con gran cantidad de arcilla, por lo que  $K_H = 50 \text{ Lb/ft}^2$ <sup>1</sup> (Peck, 1974). Por lo tanto:

$$F_h = \frac{1}{2} (50 \text{ Lb/ft}^2) (8.17\text{ft})^2 = 1669 \text{ Lb} \quad (2)$$

Para calcular las otras fuerzas resistentes se identificaron diferentes volúmenes y se computó el peso, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Cálculo de fuerzas verticales

Sección	Volumen (ft <sup>3</sup> )	Peso (Lb)
$W_{s1}$	5.38	699
$W_{s2}$	1.00	130
$W_h$	0.50	75
$W_h$	2.00	300
$W_h$	3.34	225

Para el cómputo de los valores de las fuerzas indicadas en el diagrama de cuerpo libre se multiplican los diferentes volúmenes por el peso unitario de cada material. El peso unitario ( $\gamma$ ) del suelo se encontró por medio de una prueba de campo, obteniendo  $\gamma = 130 \text{ Lb/ft}^3$ .

<sup>1</sup>Peck, R. and Thornburn, H. 1974, *Foundation Engineering*, John Wiley & Sons INC., Second Edition, pp. 4141-428.

El momento actuante ejercido por la presión del suelo y el momento resistente generado por el propio muro se calculan tomando momentos alrededor del punto  $c'$  indicado en la figura 4. Se descartó el efecto del empuje pasivo.

$$M \text{ actuante} = (Fh) (H/3) = 4545 \text{ Lb-ft.} \quad (3)$$

$$M \text{ resistente} = 1786 \text{ Lb-ft.} \quad (4)$$

$$F. S. = 0.393 \quad (5)$$

Con los datos ya obtenidos se observa que el factor de seguridad (FS) es mucho menor que 1, lo cual indica que el muro teóricamente fallaría por volteo.

### Comparación con lo observado in situ

Después de analizar los resultados obtenidos se concluye que el momento actuante ejercido por el suelo contra el muro es mucho mayor que el momento resistente generado por el propio muro, lo cual indica que teóricamente el muro iba a fallar por volteo. Con los mismos parámetros y variando sólo la altura del muro se encontró que la altura máxima del muro debió ser de 3'-10" para no sufrir este tipo de colapso.

La figura 5 presenta una vista del muro después de la falla. En el lugar se observó que hubo rotación completa de la zapata en la zona central del muro, lo cual es indicativo de la falla por volteo. Los bloques en las esquinas fallaron debido a flexión, tal como se aprecia en la figura 6. Las fallas por volteo se producen por la inestabilidad de la estructura y generalmente son repentinas, pudiendo producir desgracias personales.

Hay factores que influyeron para que el muro no colapsara anteriormente, tales como los contrafuertes de mampostería o la losa de hormigón que evitaba la saturación del suelo. Sin embargo con las fuertes

## Díaz y Tito/ Colapso muro contención

lluvias asociadas al huracán Hortensia, el suelo se saturó y produjo empujes activos mayores que el resistente por el muro. Por otro lado, también existen otros factores que contribuyeron al colapso del muro, entre ellos el poco drenaje, la pared de bloque sin refuerzo en las esquinas y otras.

### Conclusión

El uso de muros de contención de mampostería es práctica común en Puerto Rico. Muchos de estos muros aparentan ser estables bajo cargas normales, pero se convierten en una amenaza a la comunidad cuando el suelo retenido ejerce el empuje activo. Para identificar y corregir estas estructuras es necesario realizar más estudios de campo, estudiando la geometría, los materiales utilizados y el tipo de suelo.

Debe crearse conciencia entre la población que los muros de contención deben diseñarse adecuadamente, pues el tipo de falla asociado es repentino y puede generar graves daños en estructuras vecinas, otros bienes y, peor aún, a las personas.

Casos como el descrito son perfectamente evitables con un buen diseño de ingeniería, y no sería necesariamente más costoso. Además, debe considerarse que estas construcciones son un gasto potencial para el estado.



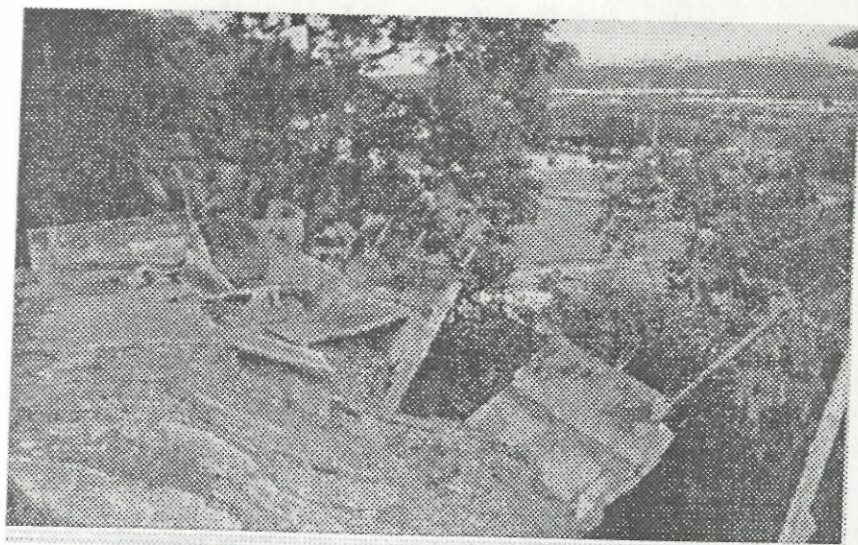


Figura 5. Muro de contención colapsado

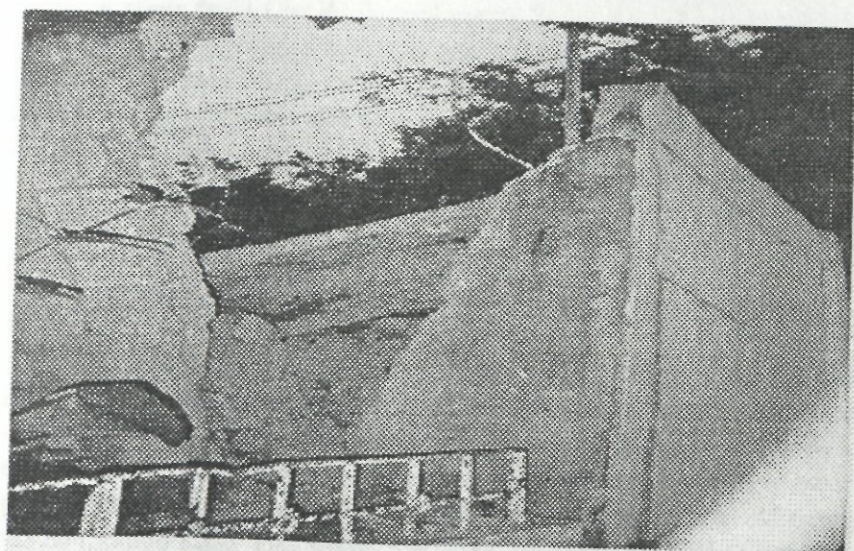


Figura 6. Falla por flexión de la esquina del muro