

## 5.2 Refuerzo sísmico de construcciones de adobe mediante inyección de barro líquido y mallas de cuerdas. Marcial Blondet/ Julio Vargas/ Carlos Sosa/ Jonathan Soto

Marcial Blondet<sup>1</sup>, Julio Vargas<sup>2</sup>, Carlos Sosa<sup>3</sup>, Jonathan Soto<sup>4</sup>  
Pontificia Universidad Católica del Perú

<sup>1</sup>mbondet@pucp.pe, <sup>2</sup>jhvargas@pucp.pe, <sup>3</sup>carlos.sosa@pucp.pe, <sup>4</sup>jonathan.soto@pucp.pe

**Palabras clave:** Adobe, patrimonio, terremotos, reforzamiento e integridad estructural.

### Resumen

*Se propone una técnica dual de reparación y reforzamiento para proteger las construcciones patrimoniales de adobe frente al efecto destructivo de los terremotos. La técnica consiste en la reparación de las grietas sísmicas mediante inyección de barro líquido, combinada con el reforzamiento de los muros con mallas formadas por cuerdas sintéticas (drizas). La efectividad de esta técnica fue comprobada en el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).*

*Se construyó un espécimen modelo de cuatro muros de adobe a escala natural que se ensayó en el simulador sísmico hasta generar grietas en los muros. Las grietas resultantes fueron reparadas mediante la inyección de barro líquido, para intentar restituir la resistencia original. Luego, los muros del modelo fueron reforzados con drizas. Después del periodo de secado, el modelo fue ensayado nuevamente en el simulador sísmico. El comportamiento del modelo ante movimientos de gran intensidad fue satisfactorio: se mantuvo la integridad estructural ante la excitación sísmica simulada, de gran severidad, y se evitó el colapso parcial de los muros.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, los terremotos ocasionan grandes daños a las viviendas y monumentos históricos construidos con tierra. Las casas de adobe dañadas pueden ser reconstruidas. Los monumentos, sin embargo, son patrimonio cultural único y deben ser preventivamente reparados y reforzados para asegurar su estabilidad ante futuros terremotos. Esta es una tarea difícil ya que se requiere de una mínima intervención en la estructura, un aspecto recomendado por las cartas internacionales de conservación para conservar su autenticidad (ICOMOS, 1964).

Un grupo de investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) está estudiando procedimientos de refuerzo para muros de adobe de acuerdo con los principios universales de conservación: mínima intervención, refuerzo compatible y solución reversible.

Primero, se investigó un procedimiento de reparación que involucra inyección de barro líquido (un tipo eficiente de *grout*) (Blondet et al, 2007). El objetivo fue recuperar lo mejor posible la resistencia y rigidez de la estructura original. Los ensayos monotónicos y estático - cíclicos realizados en elementos de mampostería mostraron que la inyección de barro líquido puede ser efectiva en restaurar la resistencia original de muros de adobe. No obstante, un modelo de

adobe a escala natural reparado con esta técnica no fue tan exitoso (Groenenberg, 2010; Blondet et al, 2012). Por ende, la inyección de barro líquido debe ser complementada con una técnica de refuerzo adicional más eficaz. Para este proyecto se construyó un segundo modelo de adobe a escala natural (igual al ensayado previamente).

Este modelo fue ensayado en la mesa vibradora de la PUCP para inducirle un agrietamiento controlado. Luego, las fisuras de los muros fueron reparadas con barro líquido. Posteriormente, el modelo fue reforzado con una malla externa de cuerdas sintéticas (drizas<sup>1</sup>) que cubrían todos los muros por sus dos caras.

El modelo reparado fue ensayado nuevamente en la mesa vibradora para evaluar la eficacia de la técnica de reforzamiento como protección sísmica. Su comportamiento sísmico fue satisfactorio porque el refuerzo controló los desplazamientos relativos de las partes de los muros agrietados, evitó el colapso parcial y preservó la integridad estructural del modelo. (Blondet et al, 2013).

Este artículo resume los resultados experimentales obtenidos y el trabajo del grupo de investigación de la PUCP para mejorar la técnica de refuerzo propuesta.

## 2. CONTRUCCIÓN DEL MODELO

Un modelo de adobe a escala natural (mostrado en la figura 1) fue construido en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP para ser ensayado sobre la mesa vibradora. Fue similar al modelo reparado solamente con barro líquido que no tuvo respuesta dinámica satisfactoria durante un proyecto previo (Groenenberg, 2010; Blondet et al, 2012). El objetivo del presente proyecto fue evaluar la eficacia de un sistema de refuerzo complementario a la inyección con barro líquido.

El modelo de construcción de adobe consistió en cuatro muros (3,00 m de longitud y 0,25 m de ancho con altura variable). Las unidades de adobe median 0,25 m x 0,25 m x 0,09 m (se utilizaron unidades enteras y mitades). Los adobes se fabricaron usando suelo, paja y arena (5:1:1 en volumen). Los bloques de adobe se unieron con mortero de barro (aproximadamente 20 mm de espesor) hecho con suelo, paja

y arena (3:1:1 en volumen). Los muros laterales (izquierdo y derecho) fueron idénticos y tenían una abertura de ventana central. La puerta se ubicaba en el muro frontal. El muro posterior no tenía aberturas y era más alto que el muro frontal para sostener un techo inclinado.

El techo fue hecho con una armadura de madera cubierta por tejas ligeras de arcilla. Fue unido a los cuatro muros con una viga collar. Se esperaba que la viga collar contribuyera hacia una respuesta estructural integral durante el movimiento sísmico y transfiriera de manera distribuida el peso del techo a los muros.

La puerta y las ventanas tenían linteles hechos con caña unidos con alambres. Estos linteles son más ligeros y flexibles que los hechos con madera para evitar el efecto de golpeo

en los muros de adobe durante terremotos. El modelo fue construido sobre un anillo de concreto reforzado, un elemento que brindó cimentación rígida y fue usado para fijar el modelo a la mesa vibradora. Además, servía como soporte

durante el transporte del modelo desde lugar de construcción a la mesa de ensayo (Blondet et al, 2013). Los ensayos de compresión en pilas de adobe dieron un valor promedio del módulo tangente de elasticidad de 400 MPa. La densidad de los adobes fue 1700 kg/m<sup>3</sup>.

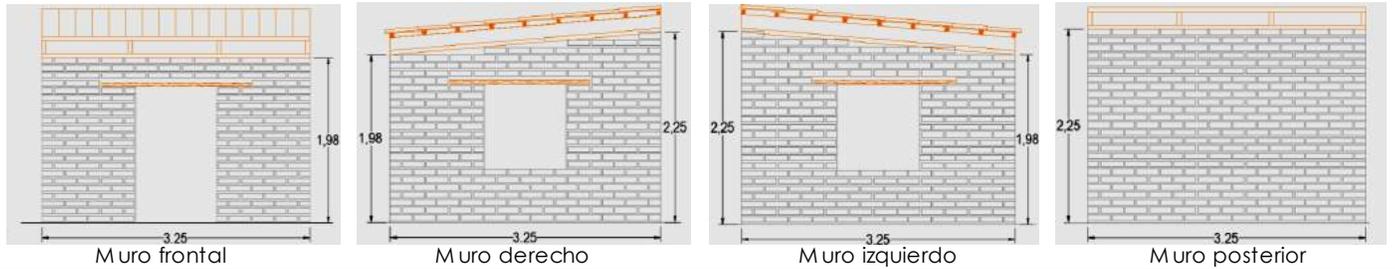


Figura 1. Esquema del modelo de adobe a escala natural. Las dimensiones se dan en metros.

### 3. PROTOCOLO DE ENSAYO E INSTRUMENTACIÓN

La señal de comando de desplazamiento de la mesa vibradora usada en los ensayos fue derivada de la componente longitudinal registrada en el terremoto del día 31 de mayo de 1970 en Lima, Perú. La figura 2 muestra la aceleración de la mesa registrada durante un ensayo de simulación correspondiente a un desplazamiento de comando pico  $D = 130$  mm. La aceleración pico de la mesa  $A_0$  fue 1,53

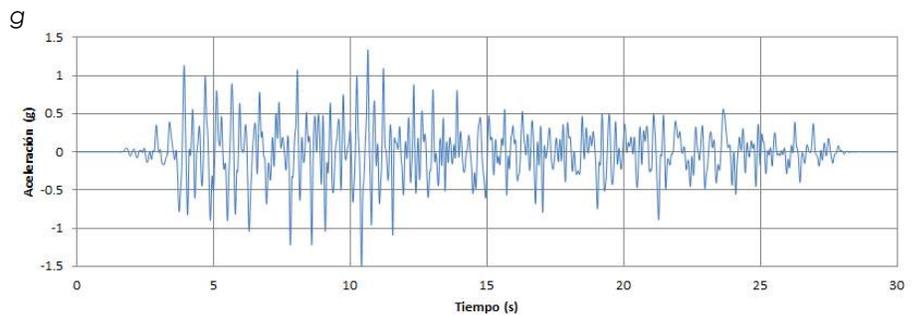
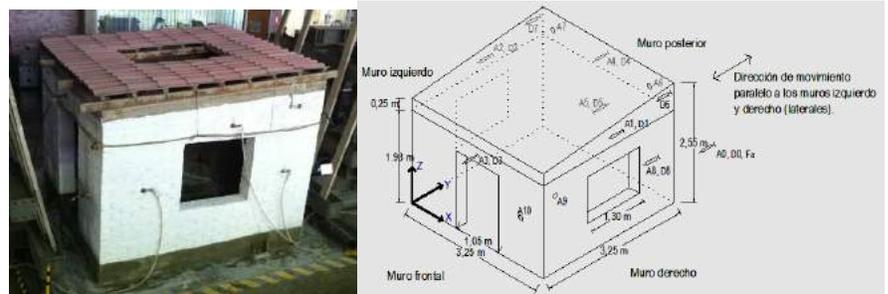


Figura 2. Aceleración en la mesa vibradora medida en un ensayo con desplazamiento pico  $D = 130$  mm

La instrumentación incluyó acelerómetros para medir aceleraciones absolutas y transductores diferenciales lineales variables (LVDTs) para medir desplazamientos absolutos (figura 3). Se midieron la aceleración y el desplazamiento de la mesa vibradora; también se registró la fuerza en el actuador hidráulico. La frecuencia de muestreo de todos los instrumentos fue 200 Hz (intervalo de tiempo de 0,005 s).



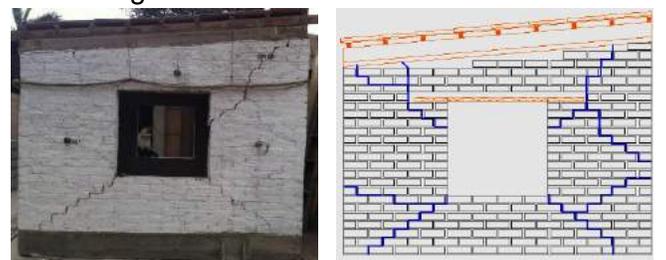
Modelo en la mesa vibradora

Ubicación de la instrumentación

Figura 3. Modelo de adobe a escala natural y esquema de instrumentación.

### 4. ENSAYOS DINÁMICOS PARA GENERAR Agrietamiento SÍSMICO

El modelo original (no dañado) fue sometido a una secuencia de tres fases para inducir daño sísmico representativo en los muros como se observa en las construcciones de albañilería de adobe. En la primera fase, con un desplazamiento pico de comando  $D = 30$  mm (desplazamiento pico de la mesa  $D_{0max} = 28,90$  mm y aceleración pico  $A_{0max} = 0,31$  g)<sup>2</sup>, no produjo ningún daño visible en el modelo. Durante la segunda fase con  $D = 60$  mm ( $D_{0max} = 58,50$  mm y  $A_{0max} = 0,64$  g), se crearon muchas fisuras en el modelo. Grandes fisuras diagonales fueron visibles en los muros laterales (izquierdo y derecho), pareciera que empezando en las esquinas inferiores de la ventana y propagándose hacia abajo. La trayectoria de las grietas no llega exactamente a las esquinas de las



a) Muro derecho

b) Esquema de fisuras del muro derecho

Figura 4. Daño del modelo de adobe original luego de la tercera fase de ensayo ( $D = 60$  mm).

paredes. Debido a que las fisuras eran muy delgadas (3 mm o menos), se decidió llevar a cabo una tercera fase  $D = 60 \text{ mm}$  ( $D_{0\text{max}} = 58,50 \text{ mm}$  y  $A_{0\text{max}} = 0,64 \text{ g}$ ) para inducir mayor daño; las fisuras se ensancharon. Esta última fase

fue detenida después de 15 segundos para evitar daños irreparables (Groenenberg, 2010). La figura 4 muestra los patrones de daño en los muros de adobe, representativos del daño sísmico en estructuras de adobe.

## 5. ENSAYO DINÁMICO EN EL MODELO REFORZADO

### 5.1 Procedimiento de reparación

El modelo dañado fue reparado y reforzado en el patio de laboratorio. La reparación mediante inyección de barro líquido requirió que las grietas sean abiertas para permitir la completa penetración del barro líquido (lo cual puede afectar el principio de mínima intervención). En el caso de monumentos históricos, se recomienda proceder paso a paso con la secuencia de abertura de grietas e inyección.

En el presente proyecto, debido a limitantes de tiempo, se decidió abrir todas las grietas del modelo de adobe simultáneamente. Todas las grietas con ancho mayor a 1 mm fueron abiertas hasta un espesor de 8 mm aproximadamente, utilizando un taladro y cuchillo eléctrico (como se muestra en las figuras 5a y 5b). Luego,

todas las grietas fueron selladas con una capa de silicona en ambas caras, dejando pequeñas aberturas con aproximadamente 100 mm de separación una de otra. Posteriormente, el barro líquido fue inyectado en las grietas. Éste consistió en una mezcla de suelo tamizado en la malla # 10 (2 mm de abertura), 50% en volumen de paja finamente cortada (10 mm de longitud aproximadamente) y 35% de agua en peso. Esta mezcla fue inyectada en las grietas hasta que estuvieran completamente llenas (como se muestra en la figura 5c).

Después de que las grietas fueran reparadas con barro líquido, el modelo se dejó secar por dos meses para asegurar un adecuado proceso de secado de las grietas.



a) Uso de taladro eléctrico      b) Uso de cuchillo eléctrico      c) Inyección de barro líquido

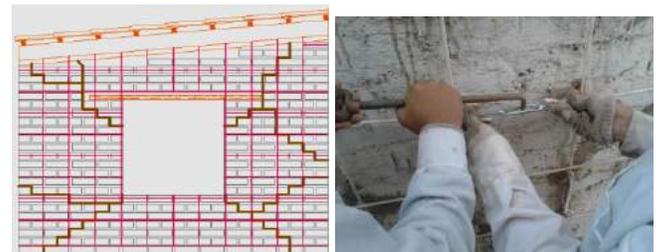
Figura 5. Abertura de grietas sísmicas e inyección de barro líquido

### 5.2 Procedimiento de refuerzo

Después de que el barro líquido inyectado secó completamente, todos los muros del modelo reparado fueron reforzados con una malla externa hecha de cuerdas sintéticas (drizas) con un diámetro nominal de  $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm). Los ensayos de tensión realizados en el laboratorio en cuerdas de driza dieron una resistencia última de 2 kN (esfuerzo nominal último de 63 MPa) y un módulo referencial de elasticidad de 100 MPa. La figura 6 a) muestra esquemáticamente la configuración de la malla usada. Las cuerdas verticales fueron colocadas a intervalos de 250 mm (la longitud de un bloque de adobe) en dos partes. La parte baja de la cuerda vertical, que midió aproximadamente 1,20 m, ingresó en los muros a través de la primera hilada (inferior) del mortero. La parte superior de la cuerda vertical se colocó sobre los muros, clavada a la viga collar y unida a la parte inferior de la cuerda mediante templadores. Las cuerdas horizontales se colocaron también a intervalos de 250 mm (dos unidades y media de adobe) en dos partes unidas por templadores.

Todas las cuerdas adquirieron tensión por los templadores, ver figura 6 b). La fuerza de tensión estimada de los templadores fue 200 N. En cada esquina, las cuerdas se colocaron dentro de un tubo plástico para proteger los muros de adobe, especialmente cuando la malla coincidía con la junta de mortero. Las mallas se colocaron en ambas caras de cada muro y estuvieron unidas por cuerdas de  $\frac{1}{8}$ " (3,18 mm) (crossies), cuerdas que atravesaron los muros a través de las juntas de mortero en lugares seleccionados. La figura 6 c) muestra el detalle de los elementos de refuerzo. La figura 6 d) presenta el

modelo reforzado listo para ser ensayado nuevamente en la mesa vibradora.



a) Esquema del refuerzo con driza      b) Templado de refuerzo horizontal



c) Detalle de refuerzo      d) Modelo reparado y reforzado

Figura 6. Refuerzo con drizas del modelo reparado con barro líquido

## 6. EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO

El modelo reparado y reforzado fue ensayado nuevamente en la mesa vibratoria siguiendo en un inicio, el protocolo de ensayo del modelo original no dañado. Durante la primera fase ( $D = 30 \text{ mm}$ ;  $D_{0\text{max}} = 29,40 \text{ mm}$ ;  $A_{0\text{max}} = 0,30 \text{ g}$ ), no existió daño visible en la estructura. La figura 7 b) muestra el esquema de daños que corresponde a la segunda fase de ensayo ( $D = 60 \text{ mm}$ ;  $D_{0\text{max}} = 58,40 \text{ mm}$ ;  $A_{0\text{max}} = 0,71 \text{ g}$ ). Las fisuras previamente reparadas se resaltan; las líneas marrones muestran las grietas reparadas que no se abrieron; las líneas azules muestran las grietas debidas a la simulación sísmica.

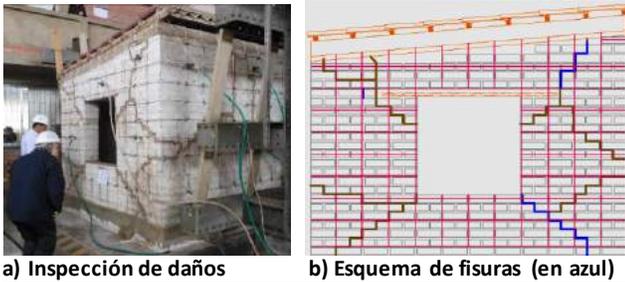


Figura 7. Modelo reparado luego de la segunda fase de ensayo ( $D = 60 \text{ mm}$ ).

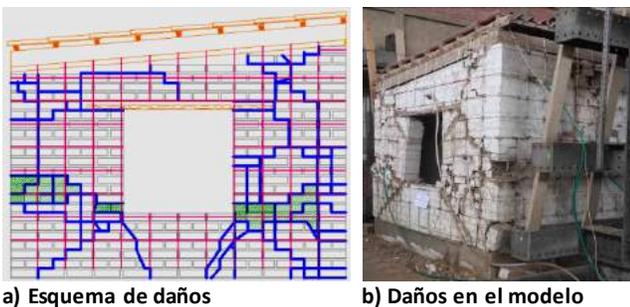


Figura 8. Patrón de daños y vista general del modelo después de todas las fases de ensayo.

La tercera fase de ensayo ( $D = 90 \text{ mm}$ ;  $D_{0\text{max}} = 89,30 \text{ mm}$ ;  $A_{0\text{max}} = 1,08 \text{ g}$ ) probó la efectividad del refuerzo externo. Si el modelo hubiese sido reparado solamente con barro líquido, este habría colapsado debido al movimiento de la base tal como ocurrió en el ensayo de Groenenberg. El

## 7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PRELIMINAR

En la mayoría de ensayos realizados en estructuras de adobe en la PUCP, se observó que los muros de adobe se rompen en grandes pedazos que se separan y colapsan por volteo. En este proyecto, una porción del muro posterior (mostrada en sombreado en la figura 9 a), se separó del resto de la estructura durante ensayos de simulación realizados en el modelo de adobe reforzado.

Un modelo estructural simplificado fue generado considerando que la estructura principal y la porción separada fueran bloques rígidos, ver la figura 9 b). El bloque A representa la estructura principal (se asume no dañada) y el bloque B es la porción que se separa de la estructura. Las drizas evitan el volteo del bloque B. Esta situación se puede representar esquemáticamente por un modelo

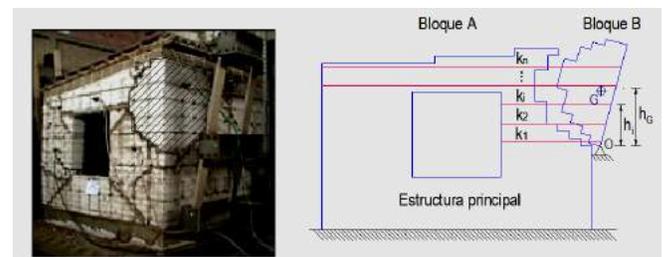
refuerzo de driza pudo mantener juntos todos los bloques en los que los muros se habían fracturado. Se decidió someter el modelo a dos fases adicionales de movimiento intenso ( $D = 130 \text{ mm}$ ;  $D_{0\text{max}} = 128 \text{ mm}$ ;  $A_{0\text{max}} = 1,53 \text{ g}$ ), un hecho que produjo un daño significativo: todas las grietas reparadas se abrieron y nuevas grietas aparecieron en los muros, ver figura 8a). A pesar que la viga collar se separó del modelo debido al gran daño en la parte superior del muro posterior, el refuerzo y la viga collar trabajaron muy bien en mantener la integridad de la estructura, ver figura 8b). Se notó que las cuerdas horizontales, localizadas en el mortero cerca de la base de la ventana, empezaron a cortar el mortero.

Los gráficos de cortante basal versus desplazamiento global, que corresponden a la primera fase de movimiento ( $D = 30 \text{ mm}$ ) para el modelo en sus estados original y reparado. El procedimiento de reparación mediante barro líquido y refuerzo con driza fue muy efectivo en recuperar las características mecánicas del modelo no dañado. En ambos casos, el máximo cortante basal soportado por el modelo fue cercano a  $47 \text{ kN}$ . El modelo reforzado y reparado tuvo alrededor del 70% de la rigidez lateral del modelo original ( $60 \text{ kN/mm}$  versus  $87 \text{ kN/mm}$ ).

Para un nivel más alto de daño, correspondiente a una señal de comando  $D = 60 \text{ mm}$ , hubo respuesta no lineal significativa en el modelo original y el reparado-reforzado. El modelo original fue fisurado severamente y casi colapsó, pero el refuerzo fue efectivo en mantener la integridad estructural. Los gráficos de fuerza lateral versus desplazamiento muestran que el refuerzo fue efectivo en preservar una respuesta dinámica estable aun cuando la estructura había sufrido daño estructural. Se observó una reducción de la resistencia lateral de aproximadamente 33% (de  $149 \text{ kN}$  a  $100 \text{ kN}$ ) y una degradación de rigidez de aproximadamente 42% (de  $78 \text{ kN/mm}$  a  $45 \text{ kN/mm}$ ).

La respuesta sísmica para movimientos de mayor intensidad ( $D = 130 \text{ mm}$ ;  $D_{0\text{max}} = 128 \text{ mm}$ ;  $A_{0\text{max}} = 1,53 \text{ g}$ ) en el modelo reforzado fue muy buena. El refuerzo instalado mantuvo la integridad estructural entre techo y muros, controló los desplazamientos excesivos y evitó colapsos parciales. Se preservó la integridad estructural.

dinámico simple en el que dos bloques son conectados por varias cuerdas horizontales elásticas.



a) Modelo a escala natural dañado  
b) Modelo simplificado

Figura 9. Modelo simplificado de interacción de adobe

Este modelo simple fue usado para tratar de estimar las fuerzas en las cuerdas elásticas causadas por movimiento dinámico de la base. La figura 10 muestra el diagrama de cuerpo libre del bloque B. Se incluyen las fuerzas de inercia causadas por aceleraciones de traslación y rotación. El bloque rígido A está empotrado al terreno y tiene un desplazamiento absoluto  $x_0$ . El bloque rígido B, con masa  $m_B$  y momento central de inercia  $I_G$ , rota alrededor del punto O. El desplazamiento relativo (con respecto del punto O) de cualquier punto  $i$  localizado en el bloque B a la altura  $h_i$  está denotado por  $u_i$ . Un amortiguador viscoso (no mostrado) con factor de amortiguamiento  $\zeta_B$  está unido al centro de masa G. (Los ensayos de vibración libre realizados en el modelo de adobe entre cada fase produjeron factores de amortiguamiento viscoso entre 9% y 12%). La cuerda  $i$  tiene rigidez elástica  $k_i$  y está unida a los bloques A y B a la altura  $h_i$ .

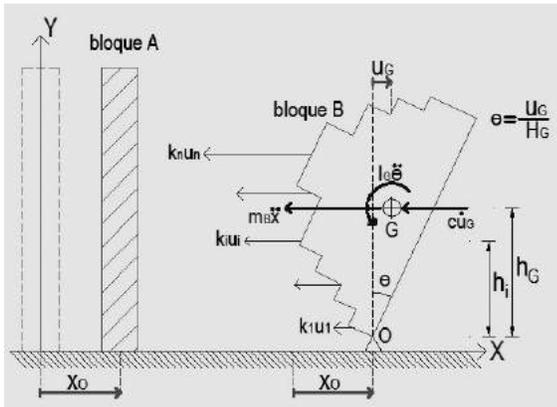


Figura 10. Diagrama de cuerpo libre del bloque B para un ángulo de rotación 'e'.

La ecuación resultante de movimiento del modelo, obtenido a través del equilibrio dinámico, es:

$$M_e \ddot{u}_G + C_e \dot{u}_G + K_e u_G = -m_B \ddot{x}_0 \quad (1)$$

Los coeficientes equivalentes para masa ( $M_e$ ), rigidez ( $K_e$ ) y amortiguamiento ( $C_e$ ) son, respectivamente:

$$M_e = \frac{1}{h_G^2} (I_G + m_B h_G^2) \quad (2)$$

$$K_e = \frac{\sum k_i h_i^2}{h_G^2} \quad (3)$$

$$C_e = 2\zeta_B \sqrt{K_e M_e} \quad (4)$$

El periodo natural de vibración del sistema es:

$$T_B = 2\pi \sqrt{M_e / K_e} \quad (5)$$

Por lo tanto, si el espectro de respuesta de desplazamiento del terreno,  $S_d(T, \zeta)$ , es conocido, el desplazamiento pico del centro de masa G del bloque es  $S_d(T_B, \zeta_B)$  y la fuerza en el cable  $i$  será:

$$F_i = \frac{h_i}{h_G} k_i S_d(T_B, \zeta_B) \quad (6)$$

Este procedimiento de análisis simple está siendo actualmente calibrado y refinado. Se espera que esto sirva como base para un procedimiento simple de diseño de un sistema de refuerzo para estructuras de adobe localizadas en áreas sísmicas.

## 8. CONCLUSIONES

La principal conclusión obtenida de este proyecto de investigación es que el modelo de adobe a escala natural, ensayado bajo excitaciones dinámicas severas, fue adecuadamente protegido por una técnica de refuerzo consistente en la combinación del sellado de grietas sísmicas mediante barro líquido (grout) y un refuerzo externo de cuerdas driza sintéticas que cubre todo los muros.

La técnica combinada de refuerzo mantiene la integridad estructural; se evita la degradación excesiva y la pérdida de resistencia. Además, brinda un control de desplazamientos de la estructura fisurada durante el movimiento de alta intensidad y se evita la pérdida de vidas. Los autores tienen confianza en que este sistema de protección puede ser perfeccionado para utilizarlo ade-

cuadamente en proteger monumentos históricos localizados en áreas sísmicas.

El reforzamiento estudiado aquí tiene un gran potencial para ser usado en reforzamiento sísmico de viviendas de bajo costo. La cuerda utilizada (driza) es relativamente barata y accesible.

Se requiere mayor investigación para optimizar el sistema de refuerzo, reemplazar los templadores por un sistema de nudos, desarrollar un análisis confiable y un procedimiento de diseño simple.

Existe confianza que los resultados presentados aquí puedan contribuir a proteger el patrimonio de adobe y además a construir viviendas de adobe más seguras en países sísmicos en donde la construcción en tierra es la principal solución de vivienda de muchas familias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blondet, M.; Vargas, J.; Morales, K.; Iwaki, C. *Estudio preliminar del uso de morteros de adobe para reparar grietas estructurales en construcciones históricas de adobe*. Adobe USA 2007. El Rito, New Mexico, USA, 2007.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Groenenberg, R. *Evaluation of the efficacy of mud injection to repair seismic cracks on adobe structures via full-scale shaking table tests*. 15th World Conference on Earthquake Engineering, 15WCEE. Lisbon, Portugal, 2012.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C. A.; Soto, E. J. *Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes*. New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. (p. 269-276) Istanbul Aydin University, Istanbul, Turkey, 2013.
- Groenenberg, R. *The reparation of adobe constructions damaged by earthquake loading and development of an ATENA-GiD model to simulate shaking table tests for these structures*. MSc. Thesis, PUCP, Lima, Peru, 2010.

- ICOMOS (International Council of Monuments and Sites). *International letter related to Conservation and Restoration of Historical Monuments*. Venice, Italy, 1964.

#### NOTAS

<sup>1</sup> Driza es el nombre de una cuerda usada en embarcaciones náuticas.

<sup>2</sup> g es una unidad de aceleración que corresponde aproximadamente a 10 m/s<sup>2</sup>.

#### AUTORES

*Marcial Blondet. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP, 1973), Magíster y Doctor (PhD) en ingeniería sismorresistente (UC Berkeley, 1979 y 1981). Director de programas de Doctorado en Ingeniería. Especialista en ingeniería sísmica y dinámica de estructuras. Interesado en el estudio de sistemas de protección sísmica de edificaciones, refuerzo de bajo costo para viviendas de mampostería de ladrillo y de adobe, y protección sísmica de monumentos históricos de tierra.*

*Julio Vargas. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP). Primer Jefe Departamento de Ingeniería (1969). Primer Investigador a Tiempo Completo en Áreas de Construcción con Tierra e Ing. Sismo Resistente (1978-1885). Miembro de Comisión Académica y Consejo Universitario en dos períodos. Premio Nacional de Cultura 1985-86 en Ciencias Aplicadas y Tecnología. Miembro de 4 Comités Científico Internacionales Permanentes del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, ICOMOS.*

*Jonathan Soto. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSAAC, 2010), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil, PUCP. Coordinador técnico del proyecto "FISURAS V - PUCP." Ganador de la "Beca Aristóteles (2013): Reconocimiento a la trayectoria académica en la escuela de Posgrado PUCP. Interesado en el estudio en ingeniería sismorresistente, protección sísmica y refuerzo sísmico de viviendas y monumentos históricos de tierra.*

*Carlos Sosa. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSA, 2008), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil de la PUCP. Miembro del grupo "Centro tierra" de la PUCP interesado en investigación de protección sísmica y económica para edificaciones de tierra. Ponente en diversos talleres de capacitación de reforzamiento de estructuras de adobe dentro y fuera del Perú.*