

# LA EXPERIENCIA DE CAPACITACIÓN DE UNA COMUNIDAD ANDINA EN CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE CON ADOBE

Marcial Blondet<sup>1</sup>, Malena Serrano<sup>2</sup>, Álvaro Rubiños<sup>3</sup>, Elin Mattsson<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú – mblondet@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú - <sup>2</sup>malena.serrano@pucp.edu.pe; <sup>3</sup>arubinos@pucp.edu.pe

<sup>4</sup>Uppsala Universitet (Suecia) - elinmariamattsson@hotmail.com

**Palabras clave:** Adobe, construcción sismorresistente, transferencia tecnológica.

## Resumen

En el Perú, alrededor de 30% de las viviendas están construidas con tierra, las que albergan a más de 9 millones de personas. Las viviendas de adobe son de bajo costo y bastante confortables, pero son muy vulnerables ante el efecto destructivo de los sismos. En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) se han desarrollado diversas técnicas de refuerzo sísmico en las últimas décadas. Sin embargo, ninguna de éstas ha sido adoptada masivamente por las personas a quienes van dirigidas, debido principalmente a su alto costo y a la falta de difusión. Este proyecto busca contribuir a mitigar el inaceptable riesgo sísmico de muchas poblaciones rurales mediante el desarrollo de herramientas de transferencia tecnológica y capacitación en construcción sismorresistente con adobe. Se eligió como población piloto al distrito de Pullo (Ayacucho), ubicado en una zona altamente sísmica de la sierra peruana, donde más del 80% de los pobladores viven en casas de adobe y más del 60% en condiciones de pobreza o pobreza extrema. Se trabajó con los pobladores para que tomen conciencia de la vulnerabilidad de sus viviendas de adobe no reforzado y se continuará trabajando para que aprendan la técnica de refuerzo con mallas de cuerdas de nylon en forma práctica. Los materiales y herramientas de comunicación y capacitación desarrollados ayudan a incrementar la conciencia sísmica de la población y despiertan su interés en la construcción sismorresistente con adobe.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las viviendas de adobe son muy comunes en las áreas sísmicas alrededor del mundo pese a su pobre desempeño sísmico (figura 1). Cuando ocurre un sismo, las pesadas paredes de tierra no son capaces de resistir las fuerzas de inercia que se generan, la edificación se daña gravemente y puede llegar a colapsar, con las consecuentes pérdidas humanas y económicas (Blondet; Rubiños, 2014). Sin embargo, el adobe es el único material de construcción accesible para muchas familias debido a su bajo costo, especialmente en áreas rurales donde los materiales de construcción industrializados son poco comunes y las viviendas son autoconstruidas. Por lo general, las familias construyen sus propias viviendas en colaboración con otros miembros de la comunidad, sin asistencia técnica y carecen de criterios de diseño estructural. En consecuencia, la mayoría de comunidades rurales localizadas en áreas sísmicas, como en los Andes peruanos, viven en condiciones de riesgo sísmico inaceptables. Es urgente difundir y capacitar a la población en la aplicación de técnicas de refuerzo simples, económicas y eficaces para proteger a sus viviendas de adobe de los dañinos efectos de un sismo.



Figura 1. Vivienda colapsada en el distrito cusqueño de Paruro (Perú, 2014)

## 2. LA MALLA DE CUERDAS: UNA SOLUCIÓN TÉCNICA SIMPLE Y DE BAJO COSTO

En 2013, un programa experimental de la PUCP presentó un modelo a escala de vivienda de adobe, previamente dañado, reparado con inyecciones de barro y reforzado con una malla externa de cuerdas de nylon tensadas con templadores de metal. El comportamiento estructural del modelo reparado durante una secuencia de simulaciones sísmicas unidireccionales de intensidad creciente se consideró muy bueno. La malla de refuerzo externa ayudó a mantener su integridad y estabilidad estructural, además de prevenir el colapso de los muros al mantener unidas las porciones separadas durante el movimiento (Blondet et al, 2013).

El procedimiento para reforzar el módulo de ensayo fue sencillo y consistió en recubrir las paredes con una malla de cuerdas horizontales y verticales que fueron tensadas con ayuda de templadores de metal (Blondet et al, 2014). Sin embargo, debido a que los templadores utilizados en el proyecto son relativamente caros, se propone el uso de un nudo pequeño y fácil de implementar como una alternativa de bajo costo para tensar las cuerdas. El nudo propuesto es una combinación de nudos básicos encontrados en manuales internacionales (MacLachlan, 2009). El proceso de amarre es simple y se muestra en la figura 2: se empieza por amarrar un nudo ocho, *figure of eight knot* o *noeud en huit* en el extremo de la cuerda, a través del cual se pasa su otro extremo, se jala hasta obtener la tensión deseada y se amarra dos veces con un nudo de medio engancho, *half hitch* o *demi-clé*.

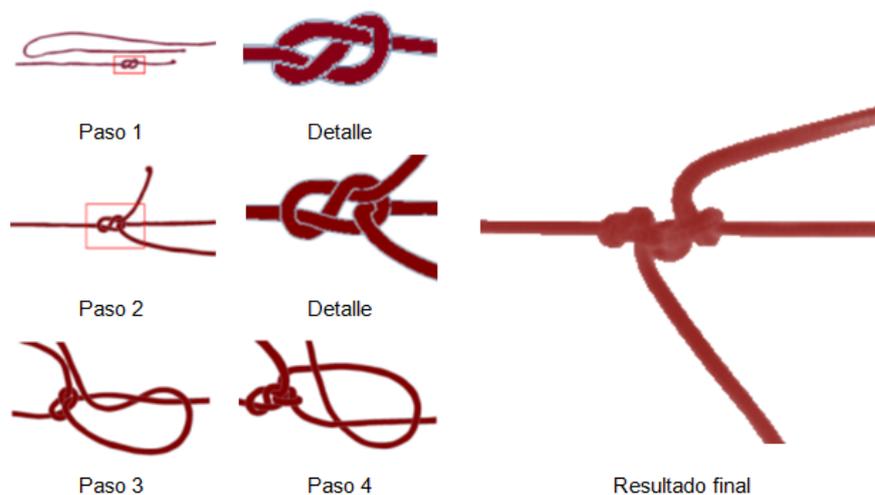


Figura 2. Proceso de amarre del nudo propuesto

Los investigadores de la PUCP y de otras instituciones han desarrollado diversas técnicas de reforzamiento sísmico con la finalidad de mejorar el comportamiento estructural de las viviendas de adobe localizadas en áreas sísmicas (Blondet; Aguilar, 2007). Sin embargo, la construcción espontánea de viviendas de adobe sismorresistentes en áreas rurales sigue siendo nula, debido principalmente al alto costo y a la falta de difusión de los materiales de refuerzo propuestos. La malla de cuerdas tiene gran potencial para ser usada como material de refuerzo sísmico en viviendas autoconstruidas ya que es mucho más barata y accesible que los refuerzos previamente estudiados. Se requiere, entonces, un enfoque interdisciplinario y herramientas de comunicación y capacitación especialmente diseñadas para la difusión de la construcción sismorresistente con adobe en las poblaciones rurales.

### 3. HERRAMIENTAS PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Una de las razones por las que la gente alrededor del mundo continúa viviendo en alto riesgo sísmico es la falta de "conciencia sísmica" en la construcción de sus hogares. Las construcciones de tierra son altamente vulnerables a los terremotos y necesitan de refuerzos sísmicos para evitar el colapso. Sin embargo, en la mayoría de países, sólo las personas involucradas en el mundo académico poseen este conocimiento. Comunidades enteras que viven en construcciones de tierra, ignoran la alta vulnerabilidad de sus viviendas construidas con las técnicas tradicionales, es decir, sin refuerzo sísmico. Es por ello que en este proyecto se han desarrollado las siguientes herramientas:

#### 3.1. La mesa vibratoria portátil como herramienta de comunicación

La PUCP ha desarrollado una mesa vibratoria portátil con la finalidad de mostrar a las comunidades rurales la importancia de incluir el refuerzo sísmico en sus viviendas (figura 3). Esta herramienta se lleva a la comunidad y permite a los pobladores observar las diferencias entre el desempeño de un modelo no reforzado y otro reforzado. El primero, que representa a las casas de adobe no reforzadas, colapsa durante la simulación sísmica, mientras que el segundo se mantiene en pie y presenta daños leves o reparables.



Plataforma: 600 mm x 600 mm  
 Frecuencia de vibración: 1 – 3 Hertz  
 Desplazamiento horizontal: 50 mm  
 Desplazamiento vertical: 15 mm  
 Peso máximo del modelo: 80 kg  
 Energía: Generada por el hombre  
 Sistema mecánico: Similar a una bicicleta  
 Forma ergonómica  
 Fácil de dar mantenimiento  
 Fácil de usar y silenciosa

Figura 3. Mesa vibratoria portátil desarrollada en la PUCP

Durante el desarrollo de la metodología de capacitación, la plataforma de la mesa vibratoria portátil fue ampliada de 600 mm x 600 mm a 1300 mm x 600 mm. Esto permitió que dos modelos a escala (con y sin refuerzo) pudieran ensayarse en paralelo y así incrementar el impacto visual de las demostraciones en el campo. Los modelos a escala tienen una base de 400 mm x 240 mm y una altura de 210 mm. Las unidades de adobe utilizadas son de 40 mm x 40 mm x 10 mm y las medias unidades son de 40 mm x 20 mm x 10 mm. El modelo que representa una vivienda de adobe tradicional tiene dinteles en la puerta y las ventanas pero no tiene una viga collar que amarre los muros. El modelo que representa una vivienda de adobe reforzada tiene dinteles en la puerta y las ventanas, una viga collar y las paredes

están envueltas con hilos que representan las mallas de cuerdas. La construcción de ambos modelos toma un día en total entre dos personas. Estas demostraciones representan de manera simple la efectividad del refuerzo sísmico: los hilos previenen el colapso del modelo a escala reducida al igual que la malla de cuerdas previene el colapso de las viviendas de adobe a escala natural.

### 3.2. El manual de construcción como herramienta educativa

El manual de construcción es un documento técnico que detalla toda la información existente en construcción sismorresistente con adobe, utilizando la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. Para su redacción, se reunió la información existente sobre la experiencia de campo de las múltiples instituciones que trabajaron en el proceso de reconstrucción de las zonas afectadas de Pisco en el 2007.

El documento final está dirigido a los pobladores de áreas rurales donde la construcción informal con adobe es predominante y la asistencia técnica es poco accesible. El manual describe con detalle la construcción de una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas y cada parte del proceso constructivo está explicado con lenguaje simple e ilustraciones paso a paso. La figura 4 muestra algunas ilustraciones del manual

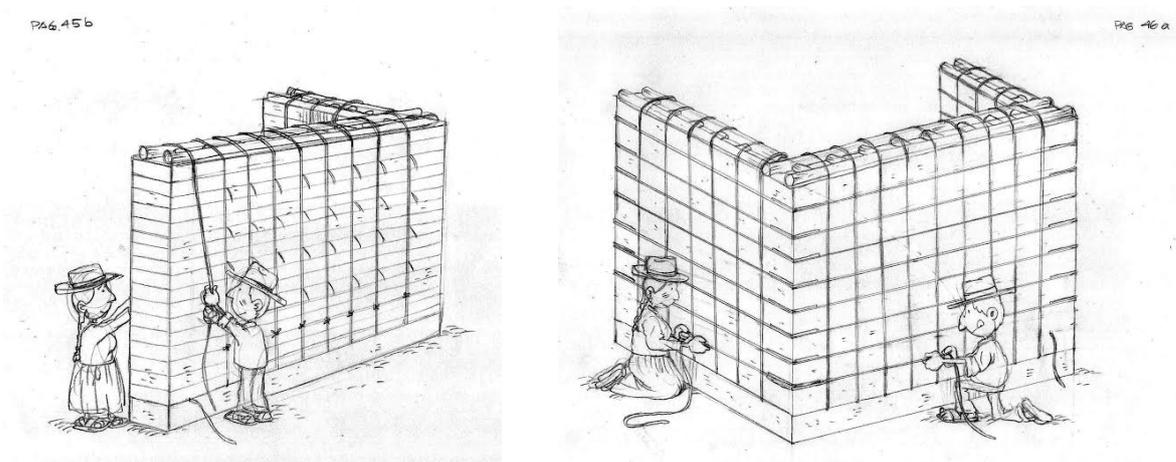


Figura 4. Ilustraciones en elaboración para el nuevo manual de construcción

Los aspectos más importantes del manual son los siguientes:

- El manual es fácil de comprender, similar a manuales previos como "Construcción y mantenimiento de casas de albañilería confinada" (Blondet; Tarque; Mosqueira, 2005) o "Manual de construcción de adobe reforzado con geomallas" (Blondet et al, 2010). En conjunto, con estos tres manuales que describen el proceso paso a paso, las familias peruanas de bajos ingresos pueden mejorar su calidad de vida al construir viviendas sismorresistentes. Todos los documentos mencionados muestran detalladamente las partes de una vivienda sismorresistente, el proceso constructivo y los planos de construcción.
- El personaje principal es "José", un hombre con características físicas similares a las de los habitantes de los Andes del Perú, que usa el adobe como material de construcción. Esto permite una mayor identificación con la población que se desea capacitar, lo cual propicia un mejor entendimiento de la técnica de construcción e incrementa la probabilidad de aceptación.
- "María", la esposa del personaje principal, es una participante activa en el proceso de construcción. Las mujeres juegan un papel crucial e importante, pues son el apoyo motivacional que alienta a completar la construcción del hogar.

El manual de construcción incluye planos para tres prototipos de viviendas que pueden ser construidas de acuerdo a las posibilidades económicas de la familia. La primera opción es

una casa de dos habitaciones con un área total de 29 m<sup>2</sup>, la segunda opción una casa de tres habitaciones con un área total de 42 m<sup>2</sup>, y la última una casa de cuatro habitaciones y un área de 54 m<sup>2</sup>. Los planos de construcción fueron una contribución de Care Perú (Blondet et al, 2008).

Además, este manual contiene la información completa necesaria para construir una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas: condiciones de riesgo, ubicación de la vivienda, selección de materiales, elaboración de unidades de adobe, cimentación, reforzamiento de muros y techo. Es un documento que sirve de guía tanto para la autoconstrucción como para maestros de obra y técnicos de construcción.

#### **4. UN PROYECTO DE CAPACITACIÓN EN LOS ANDES PERUANOS**

La PUCP ha desarrollado un proyecto de capacitación basado en la experiencia adquirida durante un pequeño programa de reconstrucción desarrollado por la PUCP y CARE-PERÚ (ONG de desarrollo) a raíz del sismo de Pisco en agosto de 2007 (Blondet et al, 2008). El proyecto tiene un enfoque interdisciplinario que involucra a profesionales de ingeniería, psicología, antropología, historia y comunicación, en un intento de lograr la aceptación de la malla de cuerdas entre los pobladores de una comunidad andina.

De acuerdo al enfoque de desarrollo humano descrito por Sen (2000), en una sociedad desarrollada las personas tienen la libertad de elegir la manera en que desean vivir. La libertad tiene diversas dimensiones: libertad política, facilidades económicas, oportunidades sociales, garantías de transparencia y seguridad. Muchos países deciden dedicarse a mejorar la dimensión económica esperando alcanzar el desarrollo y una consecuente mejoría en las otras dimensiones. En muchos casos esto no ocurre, pues un incremento en el PIB no se refleja en la mejora de calidad de vida de la mayor parte de la población. Sin embargo, es posible incrementar el nivel de desarrollo de una sociedad al dedicar esfuerzos a mejorar la calidad de otras dimensiones, incluso con una menor inversión. Por ejemplo, unos modestos esfuerzos orientados a una mejor salud, educación y seguridad pueden generar oportunidades para una mejor vida para la población.

El proyecto de capacitación PUCP tiene una idea central: las personas que viven en casas de adobe inadecuadas no deberían simplemente recibir ayuda externa. Por el contrario, deberían ser agentes de su propio desarrollo y adquirir habilidades para construir sus propias viviendas de forma sismorresistente. Es por ello que este proyecto gira en torno a la capacitación de los pobladores y no únicamente de la construcción de viviendas como donativo.

El proyecto de capacitación PUCP ha sido planteado por etapas, para así incrementar las probabilidades de aceptación y apropiación de la técnica de malla de cuerdas.

- La primera etapa, de sensibilización, incluye demostraciones en campo utilizando la mesa vibratoria portátil y modelos a escala. Se desea que la población tome conciencia de la alta vulnerabilidad sísmica de sus viviendas de adobe no reforzado y, al mismo tiempo introducir la posibilidad de construir viviendas de adobe sismorresistentes.
- La segunda etapa consiste en la entrega y utilización del manual de construcción con adobe reforzado con malla de cuerdas. Se desea que la población aprenda la técnica de reforzamiento de manera práctica y tenga un documento de referencia que pueda servir de guía en futuras construcciones. Para afianzar este aprendizaje se planea reforzar una edificación existente con la colaboración de toda la comunidad.
- La tercera y última etapa plantea el seguimiento y monitoreo de la comunidad andina, a fin de evaluar de manera crítica el éxito del proyecto y proponer mejoras en futuros proyectos de capacitación.

##### **4.1. La comunidad andina de Pullo**

En agosto 2014, un movimiento sísmico de 6.6 grados en la escala de Richter tuvo lugar en la región de Ayacucho de los Andes peruanos. El distrito de Pullo, mostrado en la figura 5, fue uno de los muchos lugares afectados por este evento. Los reportes iniciales indicaron

que el 25% de los daños se concentró en este distrito: 150 heridos, 30 viviendas inhabitables y otras 150 afectadas (INDECI, 2014). Pullo es una región de alto riesgo sísmico, donde se espera que pronto tengan lugar nuevos sismos. De ahí la urgencia de capacitar a sus pobladores en la construcción de viviendas de adobe sismorresistente.



Figura 5. El distrito de Pullo

En noviembre 2014, se realizó la primera visita a esta comunidad andina. Se armó un equipo interdisciplinario, conformado por dos ingenieros civiles, un historiador, una psicóloga y una antropóloga, que realizó el viaje de Lima a Pullo en 17 horas. El equipo de trabajo evaluó el daño estructural de las viviendas, los efectos psicológicos del sismo en la población e identificó los actores principales dentro de la comunidad (Cribilleros et al, 2014).

Si bien Pullo está ubicado en una región de alta sismicidad, alrededor del 80% de las viviendas del distrito están hechas de adobe y han sido construidas sin ninguna asesoría técnica. Su construcción se realiza a través del proceso andino tradicional con barro de la región: La tierra “duerme” por un par de días y luego se mezcla con paja cortada; la mezcla se coloca en moldes de madera, se la desmolda y se la seca a la intemperie; más adelante se utiliza el mismo barro como mortero para unir los adobes y como recubrimiento de las paredes. Además de tener un efecto estético, el recubrimiento protege a las unidades de adobe de las fuertes lluvias propias de la región y de su efecto erosivo. En promedio, las viviendas tienen más de 50 años de antigüedad y no reciben mantenimiento por parte de sus propietarios. Todas estas condiciones, más la sismicidad de los Andes peruanos, hacen que en Pullo, las viviendas sean altamente vulnerables a los sismos.

Los pobladores de Pullo tienen un conocimiento empírico del pobre comportamiento sísmico de las viviendas de adobe no reforzado. Sin embargo, sus bajos recursos hacen que para muchas familias éstas sean la única opción viable. Más aún, la baja conciencia sísmica de la población evita que los propietarios inviertan en reforzar sus viviendas. De ahí que el daño observado responde a la falta de criterios de diseño sismorresistente durante el proceso constructivo (ausencia de viga collar y juntas de mortero de gran espesor) (Cribilleros et al, 2014).

Es por dicha razón que los pobladores deben ser capacitados en construcción con adobe sismorresistente, para así evitar futuras pérdidas humanas y económicas. A través del proyecto de capacitación PUCP, ellos aprenderán la importancia del refuerzo sísmico, adquirirán las habilidades necesarias para mejorar su proceso constructivo y serán entrenados de forma práctica en el uso de la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. En caso de ser aceptado, el uso de la técnica de reforzamiento permitirá mitigar el alto riesgo sísmico en que viven muchas familias del distrito.

## 4.2. Sensibilización de la población

En mayo de 2015, se inició, en el distrito de Pullo, la primera etapa del proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe reforzado con cuerdas. Un nuevo equipo interdisciplinario conformado por tres ingenieros civiles, una psicóloga y una comunicadora, viajó a esta comunidad. Se llevó la mesa vibratoria portátil PUCP y se realizó un taller de sensibilización con la participación de los pobladores (hombres y mujeres adultos, ancianos y niños).

Para incrementar el interés de la población en el taller de sensibilización se realizaron entrevistas e invitaciones individuales sin discriminación de ningún tipo y se convocó a personas de toda edad y género. Además se realizaron entrevistas grupales con los principales actores de la comunidad, para así comprometerlos en la difusión del taller. La asistencia fue voluntaria y no hubo ningún tipo de condicionamiento o incentivo monetario.

El taller de sensibilización consistió en la presentación de los objetivos del proyecto, acompañada de videos motivacionales intercalados con preguntas a los asistentes. Se mostró un video del sismo de Huaraz (Perú, 1970), seguido de la pregunta: "¿Alguna vez se han sentido así?". De manera similar se presentó un video motivacional sobre la construcción con adobe sismorresistente (Blondet et al, 2008) y videos de los ensayos en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, siempre enfatizando la pregunta: "¿Creen que la construcción con adobe pueda ser sismorresistente?". Para finalizar el taller se invitó a todos los participantes a que vieran la demostración con la mesa vibratoria portátil.

El desempeño de los modelos ensayados con la mesa vibratoria portátil ejemplificó de manera adecuada, el comportamiento que las viviendas de adobe reforzadas y no reforzadas tienen durante un sismo (figura 6). La población identificó sus viviendas con el modelo a escala no reforzado y admitió la importancia del refuerzo sísmico (hilos de colores) en el modelo a escala reforzado. Esta demostración incrementó su confianza en el refuerzo sísmico e incrementó su interés en los siguientes talleres de capacitación ofrecidos.



Figura 6. Demostración con la mesa vibratoria portátil PUCP

## 4.3. Capacitación de la población

En septiembre de 2015, se iniciará en el distrito de Pullo, la segunda etapa del proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe reforzado con cuerdas. Se llevarán a cabo un mínimo de cinco sesiones teórico-prácticas, que combinarán recursos audiovisuales con ejercicios prácticos para facilitar el aprendizaje de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores. Al finalizar, se darán certificados de capacitación a los participantes que asistan a todas las sesiones del taller.

Para incrementar el interés de la población por las sesiones de capacitación, se ha realizado una pequeña campaña de difusión que incluye la colocación de afiches en lugares estratégicos de la comunidad; llamadas telefónicas periódicas recordando la fecha y horarios de las sesiones de taller a los actores principales de la comunidad; y anuncios con el megáfono local. Además, el equipo de trabajo ha realizado viajes a la comunidad para coordinar y difundir el taller de capacitación.

La primera sesión de capacitación está diseñada para introducir de manera general la técnica de reforzamiento con malla de cuerdas. Se explicarán las características de una vivienda sismorresistente y los pobladores podrán observar dichas características en un modelo a escala reducida, que será puesto a prueba en la mesa vibratoria portátil PUCP. Se entregarán copias del manual de construcción, donde los pobladores observarán el proceso de amarre del nudo propuesto, y porciones de driza para que practiquen. Por último, los participantes tendrán la oportunidad de practicar la colocación de las cuerdas horizontales y verticales en un muro interior del local comunal de la comisión de regantes de la comunidad.

Las siguientes sesiones de capacitación estarán orientadas al aprendizaje práctico de la construcción sismorresistente con adobe, mientras se realiza la reparación y reforzamiento del local comunal de regantes. Cada sesión girará en torno a un tema específico: la reparación de fisuras y grietas; la importancia y colocación de la viga collar; la colocación de la malla de cuerdas y su recubrimiento para su protección. Los trabajos de reparación y reforzamiento serán llevados a cabo por los participantes del taller y la asociación de regantes de Pullo.

Por último, la sesión final de capacitación estará dedicada a afianzar el conocimiento adquirido. Se realizará una comparación fotográfica del local comunal antes y después de la reparación y reforzamiento, y se enfatizará la importancia del reforzamiento sísmico. Se clausurará el taller de capacitación con la inauguración el local comunal reforzado de la comisión de regantes.

## **5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

El taller de sensibilización tuvo como base el uso de la mesa vibratoria portátil, lo cual generó un ambiente lúdico y divertido que permitió motivar a la población y establecer un vínculo de confianza. Al comenzar el taller, durante la presentación de videos motivacionales, se realizó la pregunta: "¿Creen que la construcción con adobe pueda ser sismorresistente?", y la población respondió unánimemente: "No". Al finalizar el ensayo dinámico se hizo nuevamente la misma pregunta y la respuesta, esta vez, fue unánimemente positiva. Posteriormente, al finalizar el taller, más del 70% de los participantes adultos registró sus datos (nombre completo, cédula de identidad y firma) como suscripción formal a las futuras sesiones de capacitación. Se concluye que llevar esta herramienta a la comunidad permitió incrementar el interés de la población en el proyecto de capacitación, así como incrementar la conciencia sísmica de los participantes.

La aceptación de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores de Pullo es uno de los principales objetivos de este proyecto y será medida con el número de casas reparadas y el de las que se construyan utilizando la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. Lamentablemente, después de concluir la etapa de sensibilización aún no es posible evaluar dicho indicador, pues los pobladores de Pullo deben completar las sesiones de capacitación antes de poder construir o reforzar sus viviendas. Sin embargo, se espera que de tener éxito el proyecto, las herramientas y metodologías desarrolladas podrán ser distribuidas y utilizadas en otras comunidades donde predomine la construcción con adobe. De esta manera se logrará que más familias puedan tener acceso a viviendas de adobe sismorresistentes.

## 6. COMENTARIOS FINALES

La construcción con adobe de manera tradicional (sin refuerzo sísmico) debería evitarse en áreas sísmicas. Sin embargo, es una realidad problemática que debe solucionarse con urgencia. Las investigaciones realizadas en la PUCP y otras instituciones demostraron que la construcción sismorresistente con adobe sí es posible. ¿Entonces, porqué es tan difícil convencer a la población de que utilice técnicas de reforzamiento en sus viviendas? La respuesta radica en la baja conciencia sísmica de la población, que considera muy alto el costo del reforzamiento o, peor aún, ignora su existencia.

El taller de sensibilización incrementó la conciencia sísmica de la población y se espera que este fomente la apropiación de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores de Pullo. Es decir, que la malla de cuerdas sea incluida en el proceso de construcción tradicional de la comunidad. Por ello se sugiere incluir una etapa previa de sensibilización para futuros proyectos y programas avocados a la transferencia tecnológica en comunidades rurales.

El trabajo no ha sido sencillo y aún no ha finalizado. Sin embargo, los involucrados en este proyecto son optimistas y creen que sus esfuerzos ayudarán a mejorar las condiciones de vida de decenas de familias en el poblado de Pullo. Se espera que este proyecto sirva de ejemplo para programas de construcción similares en las áreas más pobres del Perú y otros países andinos, especialmente allí donde el riesgo sísmico sea inaceptable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blondet, M.; Tarque, N.; Mosqueira, M. (2005). Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería para la Costa del Perú. PUCP, SENCICO, EERI.
- Blondet, M.; Aguilar, R. (2007). Seismic protection of earthen buildings. International Conference on Earthquake Engineering. 20-22 de Agosto, Lima, Perú.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Patron, P.; Stanojevich, M.; Rubiños, A. (2008). A human development approach for the construction of safe and healthy adobe houses in seismic areas. 14th World Conference on Earthquake Engineering. 12-17 de Octubre, Beijing, China.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Torrealva, D.; Rubiños, A. (2010). Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras. PUCP.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C.; Soto, J. (2013). Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes. International Conference Kerpic'13 New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. 11-14 de Septiembre, Istanbul Ayden University, Turquía.
- Blondet, M.; Rubiños, A. (2014). Communication tools for the construction of safe and decent earthen houses in seismic areas. Annual conference of the Human Development & Capability Association. 2-5 de Septiembre, Atenas, Grecia.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C.; Soto, J. (2014). Using mud Injection and an external rope mesh to reinforce historical earthen buildings located in seismic areas. 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions. 14-17 de Octubre, Ciudad de México, México.
- Cribilleros, D.; Espinoza, J.; Gutiérrez, G.; Noa, A.; Serrano, M.; Rubiños, A. (2014). Diagnóstico situacional del Distrito de Pullo (Parinacochas, Ayacucho). Reporte interno PUCP. Lima, Peru.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2014). Movimiento sísmico en el Departamento de Ayacucho. Reporte de Emergencia N° 592 – 26/08/2014/COEN-INDECI/13:00. Lima, Peru.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). Censos Nacionales X de Población y V de Vivienda – Resultados definitivos.  
<http://inei.gob.pe/inei/RedatamCpv2007.asp?id=ResultadosCensales?ori=C>
- MacLachlan G. (2009). Le petite livre de les noeuds. Italie. First Editions.
- Sen A. (2000). Development as freedom. New York, USA. Anchor books (Random House).

**AUTORES**

Marcial Blondet, doctor en ingeniería sismorresistente, maestro en ingeniería, ingeniero civil; profesor principal y director del Programa de Doctorado en la Pontificia Universidad Católica del Perú; 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.

Malena Serrano, ingeniera civil, candidata a maestra en ingeniería civil y asistente de investigación en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Álvaro Rubiños, ingeniero civil, candidato a maestro en ingeniería sísmica y manejo de desastres en el University College London, miembro fundador de la compañía de diseño estructural peruana "RVS ENGINEERING".

Elin Mattsson, ingeniera de las construcciones, asistente de investigación temporal en la Pontificia Universidad Católica del Perú, ingeniera en jefe de la compañía de construcción sueca "SH BYGG, STEN OCH ANLÄGGNING".