

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DE MUROS DE ADOBE EN ZONAS SISMICAS DEL PERÚ: POBLADO DE SANTA LUISA, CHINCHA BAJA, PERÚ**

**María Teresa Méndez Landa; Juan Camargo Meneses;  
Eduardo Mendiola Morales; Gustavo Sosaya del Carpio**

Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP - Universidad Ricardo Palma Av.  
Benavides 5440 Santiago de Surco

e-mail: [cecos@urp.edu.pe](mailto:cecos@urp.edu.pe)/ [mmendez47@hotmail.com](mailto:mmendez47@hotmail.com)- Teléfono 2750450 – Anx. 338

**Palabras clave:** materiales, sistemas constructivos, sismo

### **R E S U M E N**

El proyecto consiste en una nueva propuesta de diseño y mejoramiento estructural del adobe como material constructivo para los poblados rurales de la costa Sur del Perú, ubicados en zonas de riesgo sísmico debido a fallas geológicas que se encuentran en esta parte del litoral. A raíz del sismo de agosto del 2007 queda demostrado que la técnica tradicional constructiva en adobe se ha perdido, siendo la construcción actual empírica y sin asistencia técnica.

El trabajo comprende desde el estudio de la unidad misma, el sistema de construcción de los muros, el sistema de refuerzos verticales y horizontales para reducir la vulnerabilidad sísmica en viviendas de adobe, fundamentado en el análisis de laboratorio de ensayo de materiales, suelos, y estructural. Este concluye en el diseño de un modulo experimental que responda a un adecuado comportamiento sismo-resistente, e integrado a los aspectos sociales, culturales y económicos de la población, trabajado de manera multidisciplinaria y mediante actividades de capacitación.

Este modelo será utilizado como prototipo de vivienda y empleado de manera didáctica con la finalidad de mejorar el proceso de autoconstrucción y la calidad de vida de los pobladores de Santa Luisa, distrito de Chincha Baja, Perú.

Tiene como objetivo proponer una alternativa estructural económica y que responda a la identidad cultural de la población, que sea una mejora del comportamiento sísmico de las construcciones de adobe y que pueda ser replicado en poblaciones rurales de similares características geográficas.

El proyecto se basa en procesos comunitarios participativos bajo la intervención de los miembros de la comunidad y en el enlace con los gobiernos locales y las organizaciones de base con la finalidad de garantizar su sostenibilidad

La metodología de trabajo comprende la articulación de la educación universitaria (participación voluntaria de profesores y estudiantes), con la realidad social de los sectores más deprimidos del campo, empleando una estrategia basada en el empoderamiento y la autogestión como elementos dinamizadores para el desarrollo sostenible de las comunidades, fortaleciendo su identidad cultural y la preservación de su patrimonio natural.

### **1. INTRODUCCION**

La construcción en adobe y tapial constituyó uno de los principales sistemas constructivos del Perú durante muchos años, desafiando a los rigores del tiempo y movimientos sísmicos, sin sufrir daños significativos, en muchos casos.

Sin embargo, construcciones más recientes de adobe han sido la causa de numerosas pérdidas humanas, debido a que éstas no ofrecen una seguridad ante los movimientos sísmicos a causa de que la técnica tradicional de construcción con adobe se ha perdido, utilizándosele en forma empírica, sin un adecuado diseño y sin asistencia técnica.

El estudio sobre construcciones rurales para el distrito de Chincha Baja realizado por Méndez et al. (2008), menciona que “[...] el Perú y en especial la costa central y sur, debe afrontar un alto grado de vulnerabilidad sísmica debido a fallas geológicas, y silencios sísmicos, como es el caso de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana.

Esta se encuentra ubicada frente a la costa del departamento de Ica, y trae como consecuencia permanentes sismos de gran intensidad, que causan grandes daños en las construcciones informales, con la consiguiente pérdida de vidas humanas [...].”

Estas características de vulnerabilidad que presenta la zona, unidas a la falta de un adecuado manejo de las técnicas constructivas del adobe, trajeron como consecuencia que con el sismo de Agosto del 2007, una gran cantidad de edificaciones construidas en adobe colapsaran. Esto ocasionó que los pobladores de la zona pierdan la confianza en este valioso material constructivo a pesar de su tradición.

En la conferencia sobre construcciones bioclimáticas llevada a cabo en Argentina, Minke (2001:1) define al adobe de la siguiente manera: “[...] los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan *adobes*. Cuando la tierra húmeda se compacta en una prensa manual o mecánica se denominan bloques de suelo.... La elaboración de los adobes se realiza ya sea relleno de los moldes con un barro de consistencia pastosa o lanzando un barro menos pastoso en el molde. Hay muchos tamaños y formas de adobes en el mundo. En Latinoamérica las medidas más comunes son 38 x 38 x 8 cm o 40 x 20 x 10 cm. [...].”

Blondet et al. (2003) menciona como defectos de las construcciones modernas de adobe: “[...] En las zonas urbanas de la Sierra y parte de la Costa, donde se sigue construyendo con tierra, se aprecia una notable disminución del espesor de los muros de la vivienda ... Además, en estas construcciones por lo general se han incorporado instalaciones de agua y desagüe, lo cual implica empotrar las redes dentro de los muros, disminuyendo de esta manera aún más su espesor definitivo y haciéndolas susceptibles al daño producido por eventuales filtraciones [...].”

“[...] En las construcciones rurales se evidencia la ausencia casi generalizada de sobrecimientos, y en algunos casos incluso de cimentación, lo que las hace susceptibles al constante efecto erosivo del agua [...].”

Otros estudios mencionan como algunas de las principales causas de las fallas en construcciones de adobe:

- a. Construcción de edificaciones en terrenos blandos
- b. Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos
- c. Mala calidad del adobe en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.
- d. Dimensiones de los bloques de adobe no adecuados y mal acabado.
- e. Mala colocación del mortero que trae como consecuencia un mal asentado de los bloques de adobe.

Blondet et al. (2003) al referirse al comportamiento sísmico de las construcciones de adobe, lo definen como un material poco adecuado para construcciones en zonas sísmicas por su baja resistencia a la tracción. “[...] Además las uniones en las esquinas, al carecer de refuerzo o de sistemas de conexión, son débiles y fácilmente se separan los muros. En el caso de un sismo, en un primer momento los muros se separan en las esquinas, comportándose como muros en voladizo, que luego pierden su estabilidad y colapsan [...].”

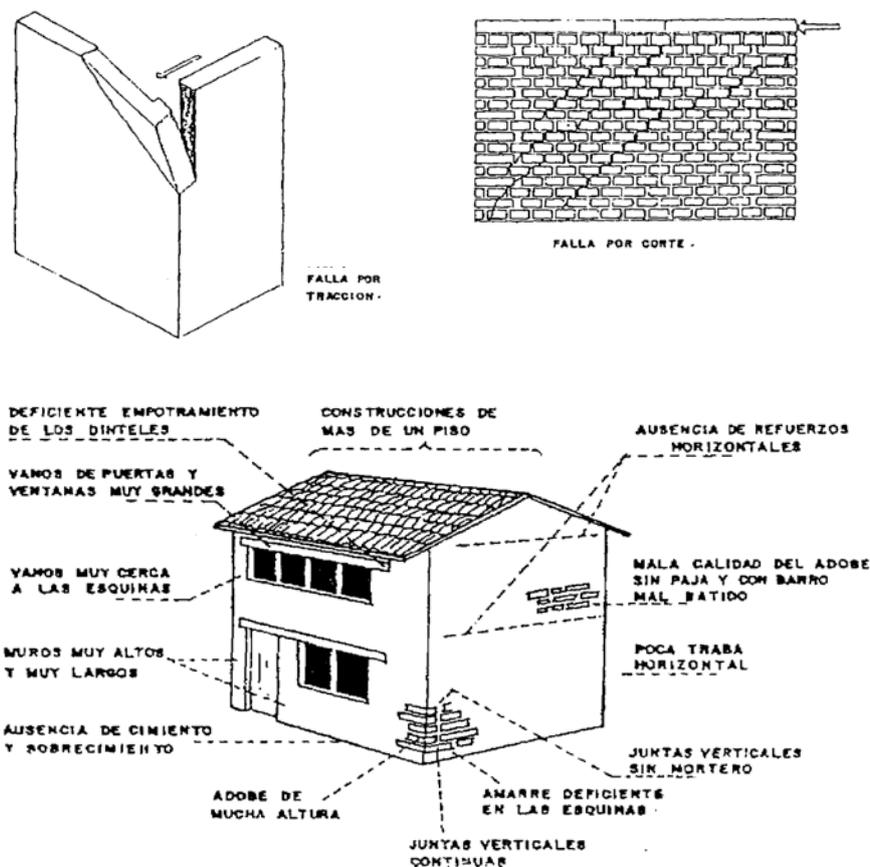


Fig.1 Principales fallas en las construcciones de adobe.  
Morales et al (1985)

Méndez et al. (2008) en el estudio sobre construcciones rurales para el distrito de Chíncha Baja, realizan un análisis de laboratorio de muestras de adobe elaboradas por pobladores de la zona, concluyendo que "[...] las unidades de adobe analizadas no cumplen con la norma E-80 en lo que respecta a gradación del suelo, pero dos de ellas (M-B y M-C) cumplen con lo establecido por la norma de la resistencia a la compresión de la unidad. ( $f_u = 12 \text{ kgf/cm}^2$ ) [...]", confirmandonos la falta de asistencia técnica con que se está procediendo a la reconstrucción de los poblados rurales, realizados básicamente por el sistema de autoconstrucción.

En respuesta a la problemática que presenta el adobe para la construcción de edificaciones en zonas de riesgo sísmico, Blondet et al. (2003) sugieren la construcción de muros en adobe, reforzados con malla metálica electrosoldada, como una solución técnicamente eficiente, pero que por *su costo no está al alcance del poblador rural*.

A partir de esta problemática es que el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma, con el trabajo voluntario de docentes asesores y alumnos, viene desarrollando estudios sobre materiales naturales y técnicas constructivas que minimicen los riesgos en las edificaciones de adobe y a la vez sean accesibles tanto bajo el aspecto económico como respecto a la facilidad de adquisición de éstos, por los pobladores rurales. Esto como una respuesta sustentable al problema de la autoconstrucción en las zonas rurales de la costa sur del Perú.

El objetivo principal del estudio es analizar el comportamiento estructural de los encuentros en muros de adobe con refuerzos de caña de Guayaquil y malla de totora, como materiales constructivos naturales, adecuados a las poblaciones rurales de la costa sur del Perú. Éste se realiza a partir de un modelo de vivienda diseñado bajo una concepción moderna acorde a las características socioculturales de la población del asentamiento rural Santa Luisa, distrito de Chíncha Baja, Ica, Perú.

Emplea una metodología descriptiva-analítica, a partir de un diseño adecuado para la zona. La investigación considera como variables: el suelo, el bloque de adobe, encuentro en esquina de los muros y el sistema estructural.

## **2. PROPUESTA**

### **2.1 Características de la zona**

Santa Luisa es uno de los asentamientos rurales, del distrito de Chíncha Baja, más afectados por el sismo de Agosto del 2007, el que tuvo una magnitud de 7.9° escala Richter y un tiempo de duración de más de 2 minutos.

Políticamente, Santa Luisa pertenece al distrito de Chíncha Baja, provincia de Chíncha, departamento de Ica ubicado a 226 km al sur de Lima. Tiene Latitud Sur 13°28' y Longitud Oeste 76°08', y ubicado a 34,00 msnm. Tiene una extensión de 20.183 m<sup>2</sup>, y, su población está conformada por 220 personas (44 familias aproximadamente).

La propuesta definitiva es consecuencia de un análisis comparativo de los beneficios constructivos, estructurales, socioculturales, económicos y medioambientales, entre alternativas planteadas. Se extiende a las comunidades rurales de las provincias costeras de Ica, pues a partir de este prototipo se pueden generar modelos.

Puede ser a su vez considerada como una primera aproximación para futuros diseños de comunidades rurales saludables a ser aplicadas en nuestro país.

El diseño estructural del prototipo se basa en una investigación analítica que abarca desde la definición del tipo de suelo, las características del bloque de adobe, los encuentros de los muros de adobe.

### **2.2 Consideraciones teóricas**

La magnitud de los valores máximos de la deformación horizontal  $d$ , de la velocidad horizontal  $v$  y de la aceleración horizontal  $a$  en un sismo de intensidad mediana son:

$$d = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m}$$

$$v = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m/s}$$

$$a = 0.1 \text{ a } 0.3 \text{ m/s}^2 = 0.15 \text{ a } 0.30 \text{ g}$$

Para definir el dimensionamiento, se considera, de acuerdo con el método de la fuerza equivalente, que la resistencia contra fuerzas horizontales está determinada por una fuerza estática y no una dinámica.

Cuanto mayor es la ductilidad disponible y cuanto mayor son las deformaciones plásticas permitidas, tanto menor puede ser la fuerza equivalente. Esta relación fundamental se utiliza para disminuir la fuerza equivalente necesaria para una solución elástica en dependencia de la ductilidad disponible.

Mortero Tipo II: La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas.

Deberá emplearse a la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2cm y deberán ser llenadas completamente

### **2.3 Diseño**

La propuesta se basa en el refuerzo de los muros de adobes con una malla tejida de totora o soguilla previamente preparada, la cual se colocará en el muro anclándola en los refuerzos horizontales sobresalientes, luego de haberse colocado dichas mallas se procederá al tarrajeo con una mezcla de barro con paja y/o algún aglomerante (cal, yeso) en proporción

de 1 a 4. Este sistema nos permitirá dar una mayor rigidez y flexibilidad al muro. Siendo este el fundamento para evitar las fallas de tracción que son lo más frecuente entre los encuentros.

Como refuerzo horizontal de los muros se utilizan dos varillas de caña chancada colocadas cada tres hiladas, a su vez se está agregando dos cañas en forma de X para evitar la separación de los muros, sirviendo como anclaje para la malla de totora. Como refuerzo vertical se colocarán carrizos cada 6 adobes a lo largo del muro. Estos refuerzos le dan una mejor flexibilidad a muro.

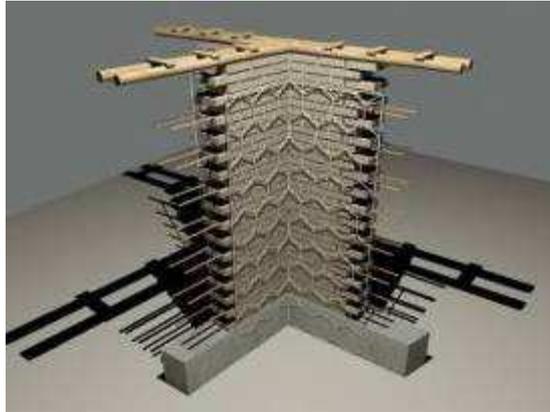


Figura 2: Colocación de la malla

Utilizamos un bloque de adobe de sección cuadrada de 0.26 x 0.26 x 0.06 mts, para distribuir de manera uniforme las cargas sobre la unidad y evitar la ruptura de ésta. Además, la forma cuadrada permite soportar las fuerzas sísmicas sin importar la orientación de la estructura, respecto a los ejes. La altura del bloque se plantea de 0.06 m. para cumplir con la proporción de la altura con respecto al largo de 1 a 4, para evitar la falla por corte según Norma E-80 del RNE. (Vivienda 2006).

La unidad de adobe da la rigidez necesaria para soportar las cargas, mientras que, las juntas de barro de 0.02 cm. de espesor le dan flexibilidad al muro para que junto a la rigidez del bloque obtengan una resistencia óptima ante las fuerzas sísmicas y evitar las fallas en la estructura. Para este proyecto la longitud del muro será de 4.10 la cual corresponde a 14 veces su espesor.

En los encuentros cuyo ángulo sean diferentes a 90 ° se han diseñado adobes de diferentes dimensiones, para dichos amarres.

La altura máxima del muro es de 8 veces su espesor, lo que debe darnos como resultado una altura de muro de 2.40 mts. Para cumplir con este requisito, los sobrecimientos se han planteado de 0.40 mts. de alto y el peralte de la viga collar de 0.10 mts., esto nos da como resultado una altura libre de piso a viga de 2.90 mts.

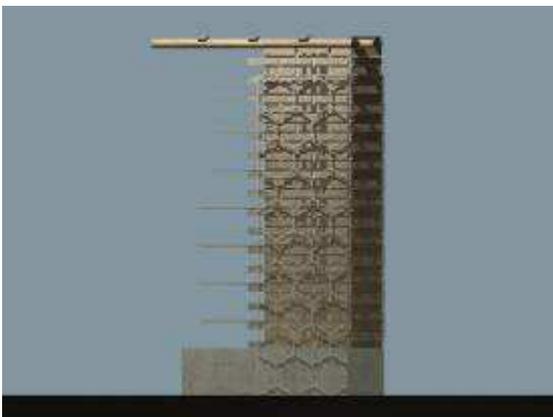


Fig. 3: Altura del muro

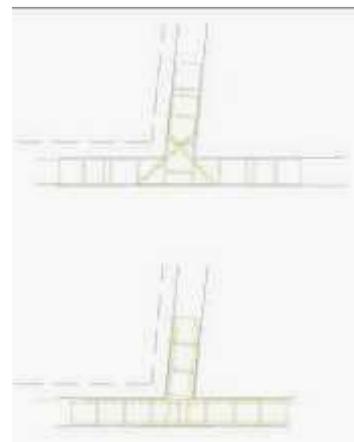


Fig. 4: Altura del muro

La composición del mortero tiene las mismas características de las unidades de adobe. La cantidad de agua que se añadirá permite que sea una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no exceden a 0.02mts. y son llenadas completamente. En el caso de los refuerzos horizontales deben contener un poco más de agua para evitar cangrejas.

La viga solera está constituida por dos rollizos de Huarango acanaladas a los extremos para anclar con las transversales. Cada una éstas tiene una sección circular de 4" de diámetro, corridas sobre el muro, conformando un ancho total igual al espesor de éste. Para lograr este ancho colocamos conectores de la misma madera, de 0,30 mts. de largo cada uno, distanciados aproximadamente entre 0,40 y 0,50 mts. entre ejes. La viga solera es fijada al muro mediante mechones de totora, amarrándola a las últimas hiladas.

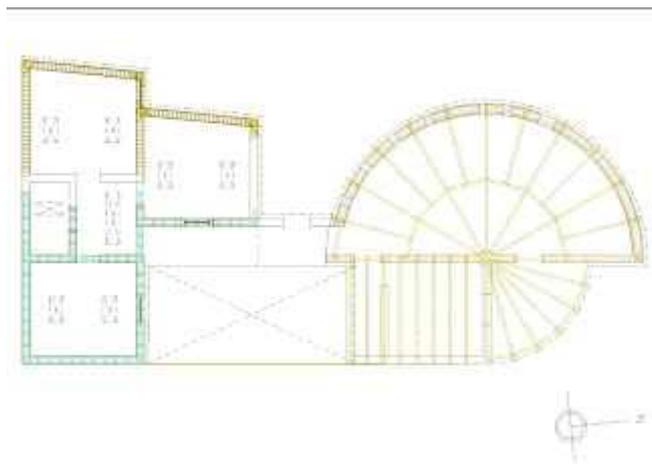


Fig. 5 Esquema del sistema estructural

Como 2ª etapa comprende la construcción del módulo y trabajo con los pobladores para validar el prototipo, mediante una estrategia participativa basada en el empoderamiento de la población y la autogestión. Ambas etapas se desarrollan mediante actividades de formación que articulan la educación universitaria con la realidad social, y, que involucran a la población de Santa Luisa, a la comunidad universitaria, mediante la participación voluntaria de profesores y estudiantes (CECOS-BRIGURP) y a los gobiernos locales, con la finalidad de garantizar la sostenibilidad del proyecto.

### **Programas de Capacitación**

#### **a. Construcción del Prototipo de Vivienda**

- Capacitación en autoconstrucción en adobe.

#### **b. Minimización de Riesgos y Prevención de desastres**

- Charlas de sensibilización a la población
- Formación y entrenamiento de brigadas.
- Formación de comités participación de la comunidad

#### **c. Sostenibilidad del Proyecto**

- Empoderamiento de la población
- Asesoría a las organizaciones de base
- Conformación de un Comité Multisectorial conformado por representantes de:  
Población, instituciones públicas y de gobierno, y, sector privado

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De lo anterior, se puede concluir que las construcciones sísmo resistentes deben disponer de una ductilidad mayor, Lo que significa que éstas deben ser capaces de asumir parte de la energía con las deformaciones plásticas.

El adobe es un material poco adecuado para construcción en zonas sísmicas ya que es leve y frágil. A causa de su gran masa atrae durante un sismo las fuerzas de inercia, no es capaz de absorber adecuadamente las fuerzas sísmicas pues la resistencia de los muros de adobe comparada con otros materiales es mínima.

Para evitar que los muros se separen en los encuentros ante un movimiento sísmico, se ha diseñado un sistema de amarre basado en los conceptos de la malla electrosoldada, pero empleando materiales naturales de la zona, los que se adecuan a la economía de los pobladores por la facilidad de adquisición de éstos.

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- Blondet M., Villa García G., Loaiza C. *¿Viviendas sismorresistentes de tierra? Una visión a futuro*. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de ingenieros del Perú. 2003
- Flavin, Ch. *State of the world 2008: towards a sustainable global economy*. Ed. Earthscan. 288 págs. ISBN: 978-1-84407-498-3. Inglaterra. 2007
- ITINTEC. *Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo*. NTP 331.202:1979. Biblioteca Virtual INDECOPI. Extraído el 23 de Setiembre del 2008  
[http://www.bvindicopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod\\_user=wwwcircu&key\\_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION\\$\(76,77\)](http://www.bvindicopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&inireg=41&nreg=20&idioma=all&boolexp=DIMENSION$(76,77))
- Instituto de la Construcción y la Gerencia ICG.  
[http://www. Construcción.org](http://www.Construcción.org)
- Méndez, Vásquez, Corasao y otros. *Prototipo de Comunidad Saludable para áreas rurales del Perú: distrito de Chincha Baja, Ica*. Ed. Anaís 14 págs. ISBN: 978-85-86036-41-5. Brasil. 2008.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *VIVIENDA. Reglamento Nacional de Edificaciones*. RNE.: autor. 2006
- Minke, G. *Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra*. Universidad de Kassel. Alemania. 2001
- Morales R., Torres R, Rengifo L., Irala C. *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Cismid. FIC. Universidad Nacional de Ingeniería. 61 págs. Perú. 1993
- Vargas, Torrealva y Blondet. *Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con geomallas. Zona de la costa*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN: 978-9972-42-837-12445. Perú 2007

**María Teresa Méndez Landa:** Mg.c. Arquitecta, Docente Facultad de Arquitectura -Universidad Ricardo Palma. Coordinadora del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

**Juan Camargo Meneses:** bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

**Eduardo Mendiola Morales:** estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

**Gustavo Sosaya del Carpio:** estudiante de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.