

XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Huanuco-1999.

REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS EXISTENTES DE ADOBE PROYECTO CERESIS-GTZ-PUCP

Por: Luis Zegarra , Daniel Quiun, Angel San Bartolomé y Alberto Giesecke
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

RESUMEN

Teniéndose como objetivo principal tratar de retardar el colapso de las viviendas de adobe sujetas a terremotos, de tal modo que los ocupantes de la vivienda tengan el tiempo suficiente para ponerse a salvo, y luego de haberse probado experimentalmente en la primera parte del proyecto CERESIS-GTZ-PUCP una serie de refuerzos, se había llegado a la conclusión de que el refuerzo más efectivo estaba compuesto por mallas electrosoldadas dispuestas en franjas que simulaban vigas y columnas, por lo que en la segunda parte del proyecto, materia de este reporte, se trató de detectar in-situ los problemas de aplicar este sistema de reforzamiento, para lo cual se reforzaron 19 viviendas piloto ubicadas en los departamentos de Ancash, Cusco, Tacna, Moquegua, Ica y La Libertad.

1.- INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales de los países andinos, la mayoría de viviendas son hechas de adobe no reforzado. La gran masa y la falta de resistencia que tienen estas construcciones motivan su colapso cuando están sujetas a sismos severos, ocasionando la muerte de sus ocupantes y afectando el desarrollo económico de estos países.

Por lo cual, teniendo como objetivo principal tratar de retardar el colapso de las viviendas existentes de adobe para que sus habitantes puedan abandonarlas y salvar sus vidas, en la primera parte de este Proyecto (Refs. 1 y 2), se realizó un estudio experimental (mediante ensayos sísmicos simulados en la mesa vibradora del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica) investigándose diversos tipos de refuerzo, llegándose a la conclusión de que la forma más efectiva (rápida, económica y sencilla de ejecutar) para lograr el objetivo mencionado, era mediante el empleo de mallas electrosoldadas con cocadas de 3/4 de pulgada y diámetro de 1 mm, clavadas con chapas metálicas contra el adobe e interconectadas con alambre #8. Estas mallas tenían que estar dispuestas en franjas horizontales y verticales simulando vigas y columnas, respectivamente, para después tarrajearlas con mortero en proporción volumétrica cemento-arena 1:4, tal como se muestra en la Fig.1.

En esta parte del proyecto, materia de este reporte, se trata de difundir esta técnica de reforzamiento y de señalar los diversos problemas encontrados in-situ, para lo cual se reforzaron 19 viviendas seleccionadas dentro de un plan piloto. En la tercera parte de este Proyecto, el comportamiento sísmico de esas viviendas será estudiado cuando ocurra un terremoto en el futuro.

2.- REFORZAMIENTO DE LAS VIVIENDAS PILOTO

Las viviendas seleccionadas tenían que cumplir los siguientes requisitos mínimos: 1) debían ubicarse en zonas sísmicas; y, 2) deberían tener el mínimo de deterioro en sus paredes y techos.

De esta manera, se seleccionaron 19 viviendas (ver Tabla 1) para reforzarlas mediante la técnica mostrada en la Fig.1 y en las Fotos 1 a 6. Los croquis correspondientes a algunas de estas viviendas se muestran en las Figs. 2 a 6. En estos croquis aparece la disposición de las mallas verticales ubicadas en las zonas de debilidad. Cabe indicar que en las viviendas de dos pisos, el primer piso fue enmallado totalmente mediante franjas horizontales adicionales a las franjas verticales, mientras que en el segundo piso, donde la fuerza cortante sísmica es menor, el enmallado fue realizado mediante franjas horizontales (ubicadas en la parte superior de los muros) y verticales.

Tabla 1. Viviendas Piloto Reforzadas			
Departamento	Localidad	Número de Viviendas	Número de Pisos
Ancash	Pedregal Alto	1	1 piso
	Centro Marian	1	1 piso
	Olleros	1	1 piso
	Huaraz	1	2 pisos
Tacna	Caplina	2	1 piso
Moquegua	Yacango	1	1 piso
	Estuquiña	2	1 piso
Ica	Guadalupe	1	1 piso
	Pachacutec	1	1 piso
La Libertad	Las Delicias	2	1 piso
	Simbal	1	1 piso
	Barraza	1	1 piso
Cusco	Huasao	1	2 pisos
	Andahuaylillas	3	2 pisos

Procedimiento:

- a.- Eliminar el tarrajeo (yeso o barro) en las zonas a reforzar.
- b.- Abrir perforaciones de 5x5 cm (@ 50 cm) en los puntos de interconexión de las mallas verticales.
- c.- Insertar los conectores y taponar las perforaciones con mortero 1:4, humedeciendo previamente los huecos.
- d.- Clavar las mallas verticales y después las horizontales contra los adobes.
- e.- Doblar 90° las puntas de los conectores y clavarlas (doble clavo formando grapa con la chapa) contra los adobes.
- f.- Humedecer las zonas a tarrajar y luego pañetear una primera capa de mortero, posteriormente, dar el acabado final.

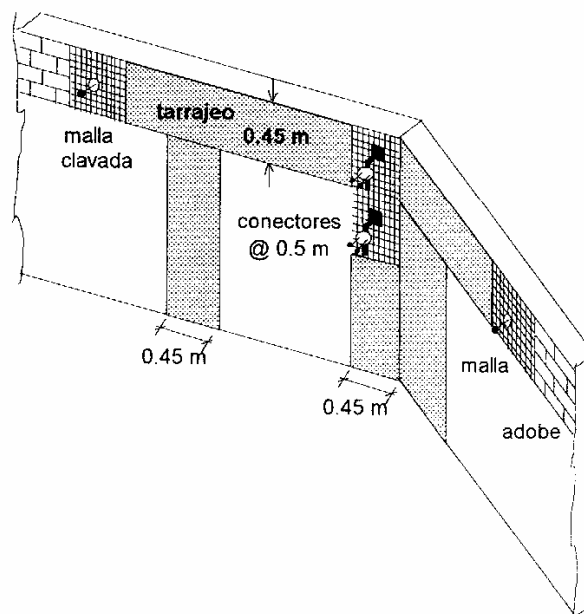


Fig.1. Procedimiento general para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes, empleando mallas electrosoldadas, interconectadas con alambre #8, y tarrajeadas con mortero 1:4.

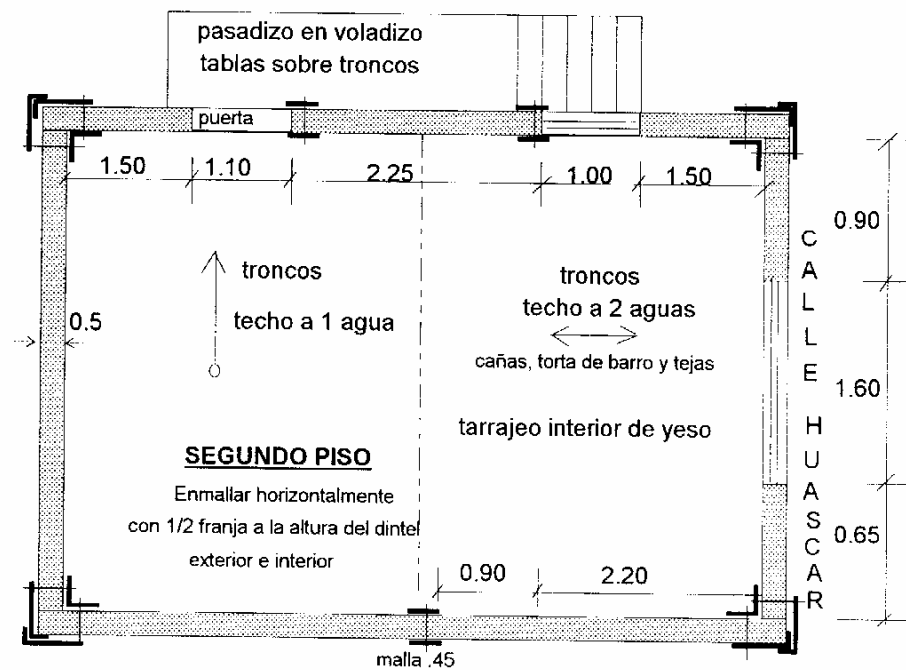
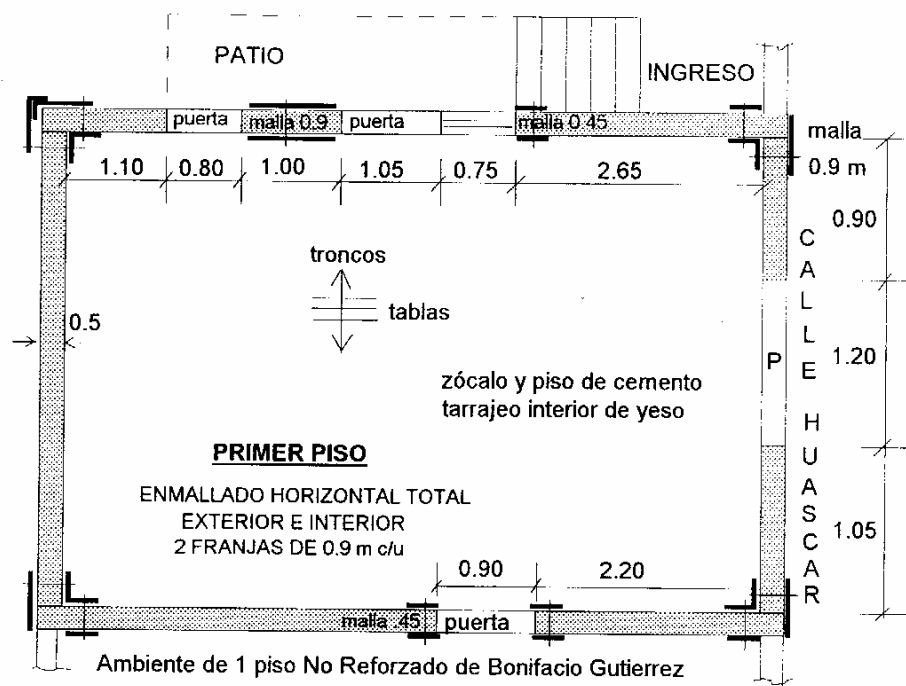


Fig.2. Reforzamiento de la Vivienda del Sr. Bonifacio Gutierrez. Provincia de Quispicanchis, Distrito de Andahuaylillas. Calle Huascar 706. Cusco.

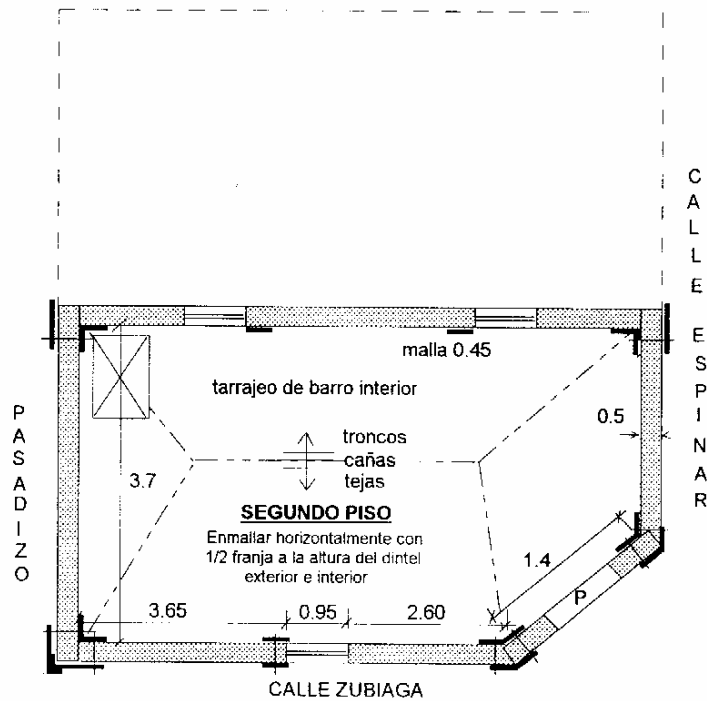
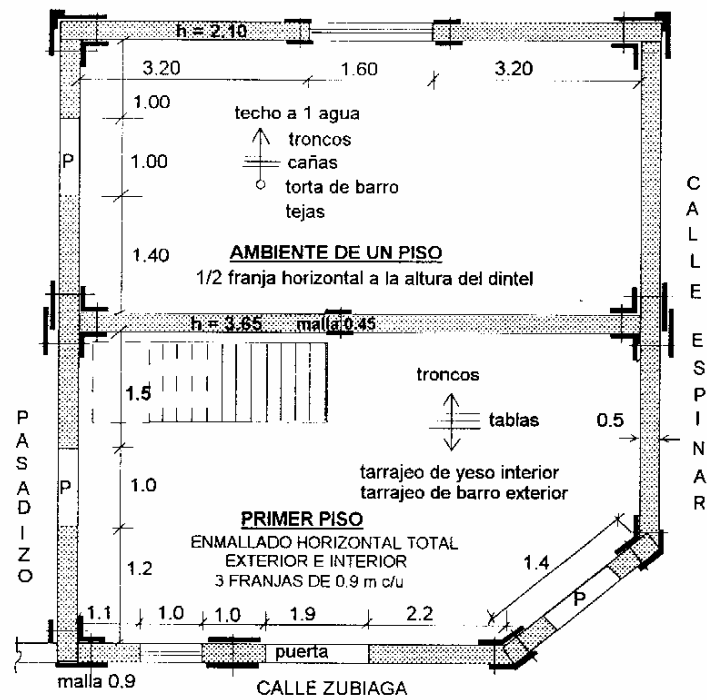
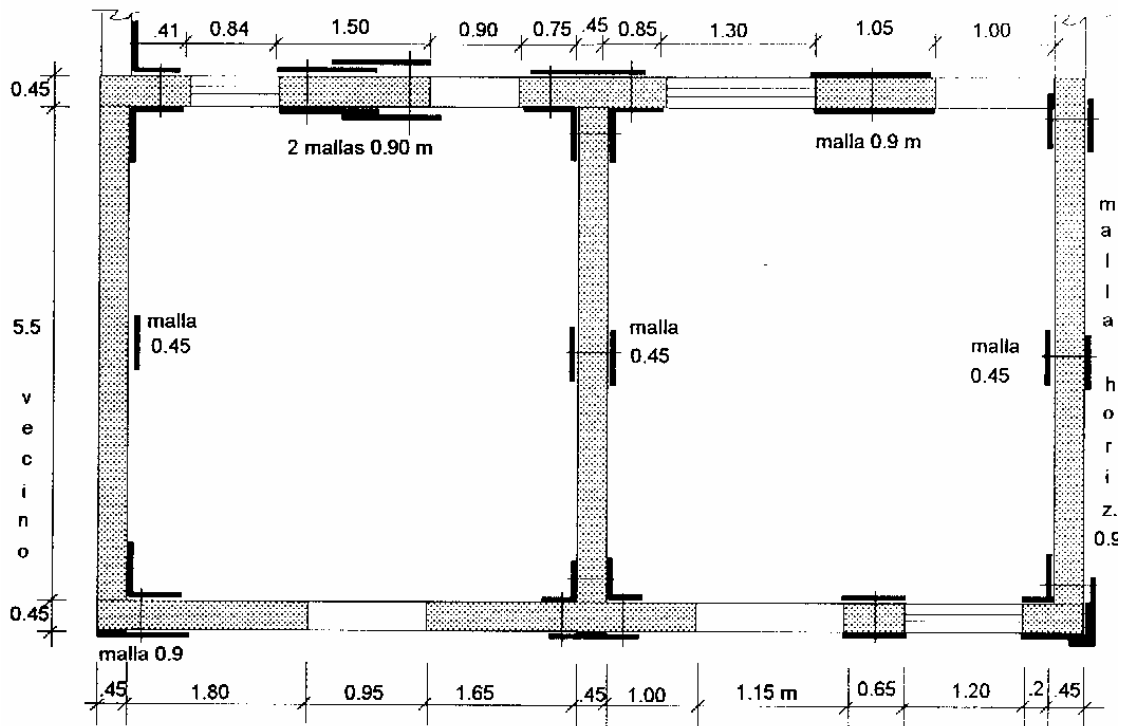


Fig.3. Reforzamiento de la Vivienda de la Sra. Manuela Pilares. Provincia de Quispicanchis, Distrito de Andahuaylillas. Calle Zubiaga 511, esquina con Espinar. Cusco.



Jirón RICARDO PALMA

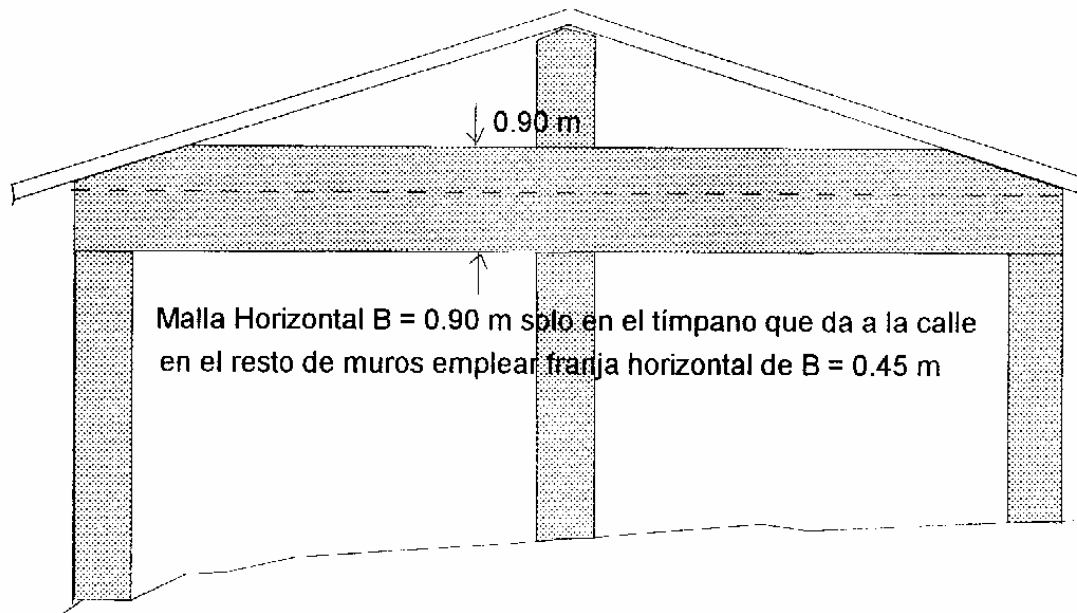


Fig.4. Reforzamiento de la Vivienda del Sr. Teófanés Collas. Pedregal Alto. Jr. Ricardo Palma, esquina con Jr. Pedro Cochachi. Huaraz.

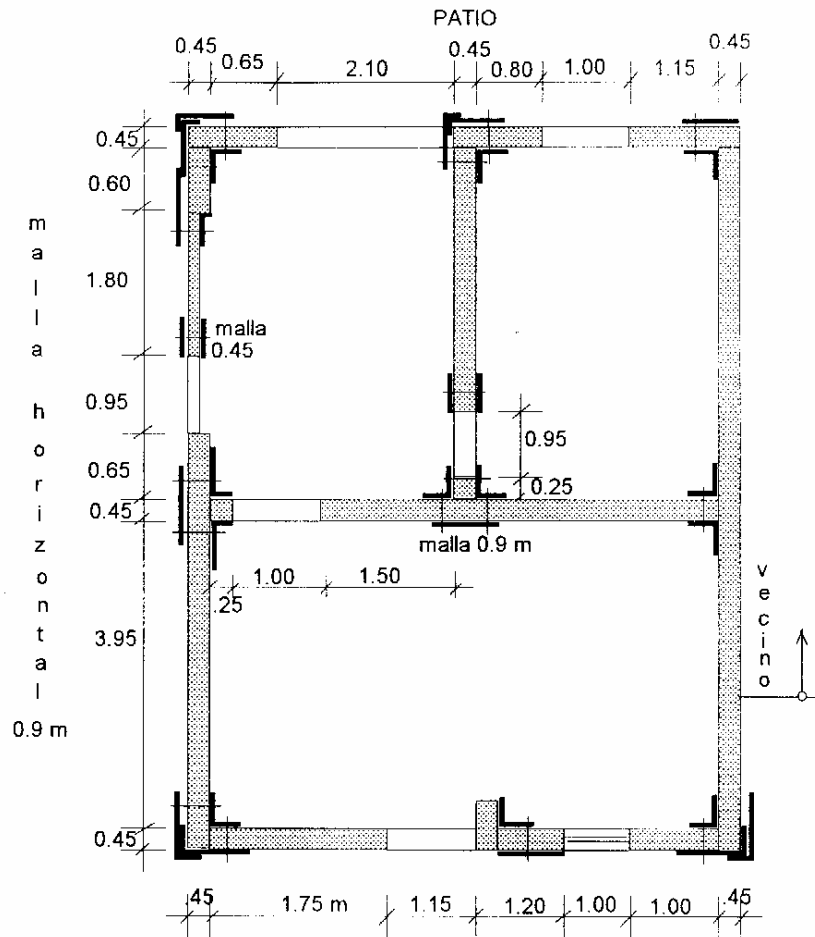


Fig.5. Reforzamiento de la Vivienda del Sr. Gabriel Cruz Cigueñas. Distrito de Olleros. Huaraz.

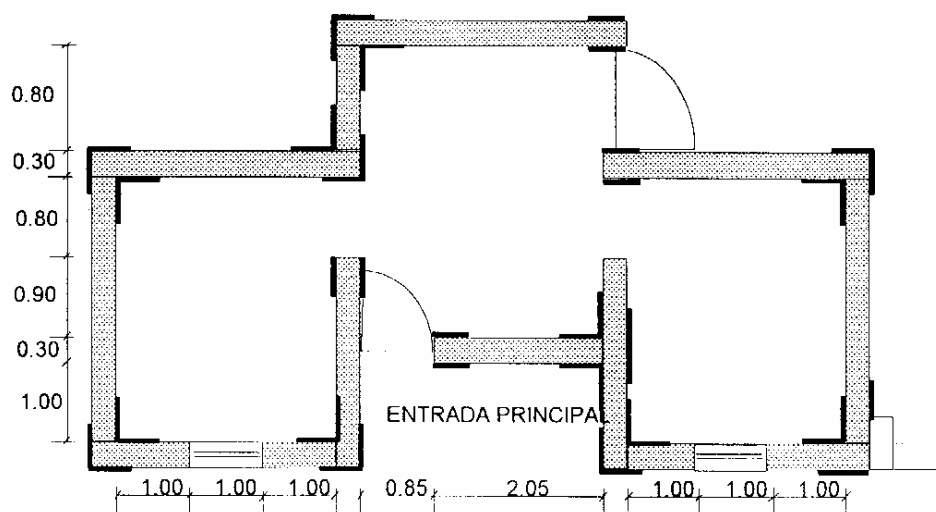


Fig.6. Vivienda en Yacango. Propietario: Sr. Julian Manzano. Ubicacion: calle Santa Fortunata, Manzana C, Lote 12. Sistema de techado: troncos, cañas y calamina. Moquegua.

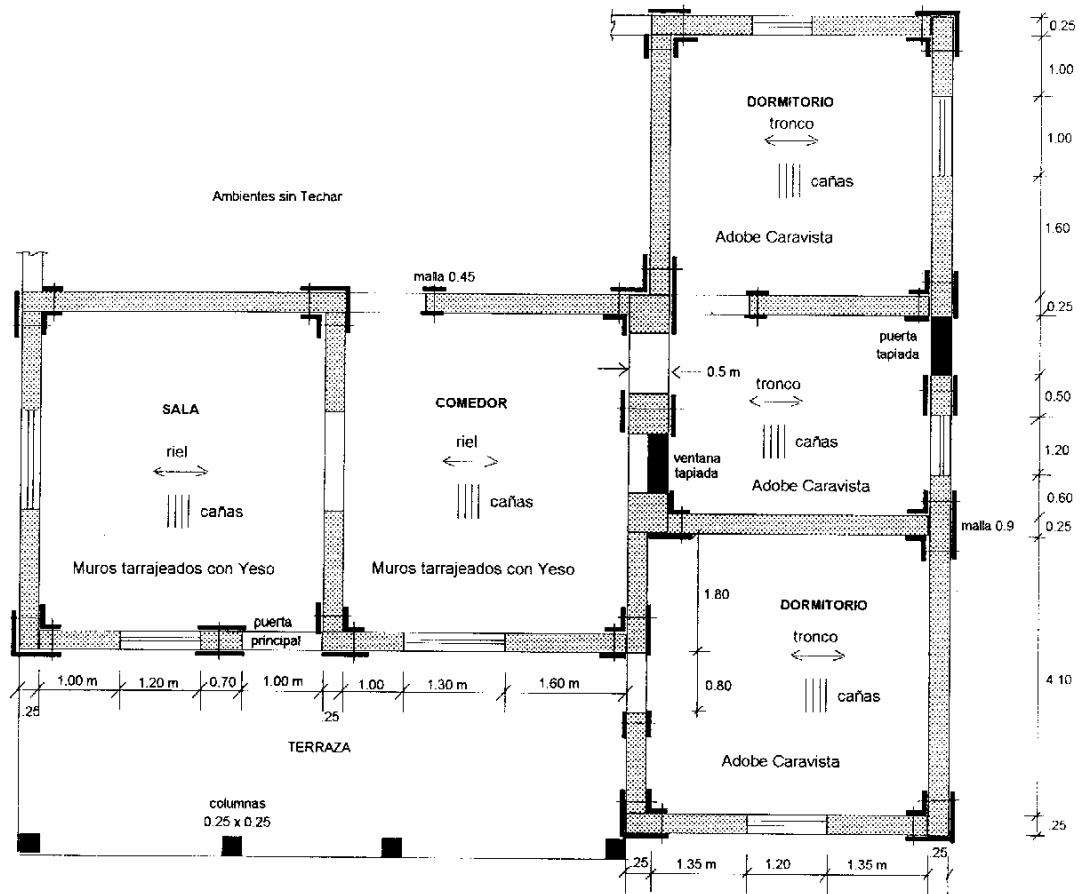


Fig.7. Reforzamiento de la Vivienda del Sr. Julio Pereda Villacorta. Camino a Laredo en la intersección con la avenida Villarreal cuadra 19. Trujillo.

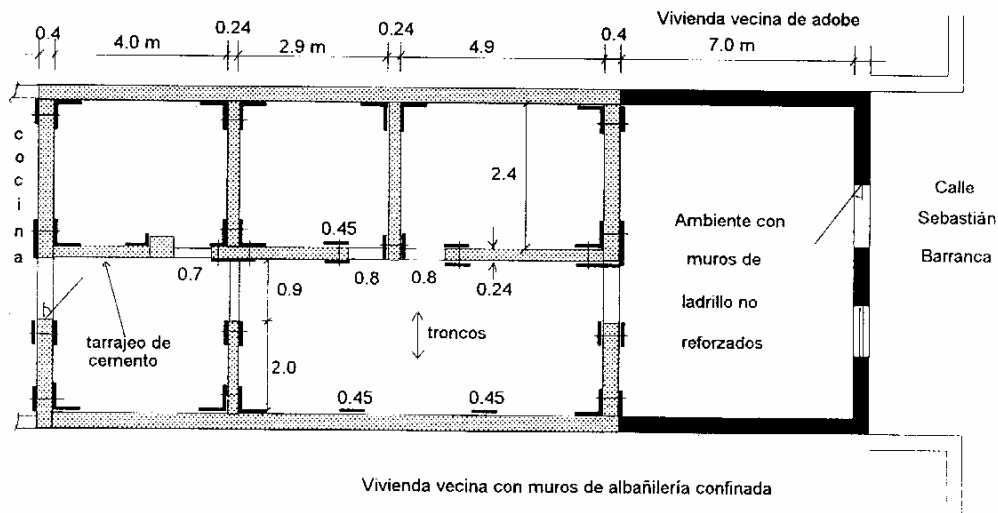


Fig.8. Reforzamiento Parcial de una Vivienda en Pachacutec. Propietario: Sr. Antonio Lengua. Ubicación: calle Sebastián Barranca Z-27. Sistema de techado: troncos, cañas, esteras con torta de barro. Muros tarrajeados con barro. Ica.

3.- DEFECTOS ENCONTRADOS

En las visitas realizadas, se encontraron una serie de defectos en las viviendas de adobe, algunos subsanables antes de aplicar la técnica de reforzamiento, otros que harían inefectiva dicha técnica, salvo que se utilice un sistema de reforzamiento adicional, y otros donde irremediamente las viviendas está destinadas al colapso.

3.1. Defectos subsanables antes de aplicar la técnica de reforzamiento:

- a.- Falta de mortero en las juntas verticales. Antes de enmallar los muros, estas juntas deben ser selladas con mortero de cemento, para lo cual, las juntas deben estar limpias y húmedas.
- b.- Base de los muros ligeramente socavadas por la humedad o intemperie. Las zonas socavadas deben limpiarse, humedecerse y luego deben sellarse con un mortero de cemento.
- c.- Mochetas sueltas. Estos muros de poca longitud deben ser removidos y contruidos nuevamente empleando adobes adheridos con mortero de cemento en sus juntas.
- d.- Vigas de madera (o troncos) del techo falladas. Estas vigas deben ser retiradas, reemplazándolas por vigas en buen estado.
- e.- Muros de hasta 5 m de altura. En las viviendas antiguas abundan los muros altos, lo que obliga a adicionar una malla horizontal a la mitad de su altura, aparte de la malla en la zona superior.
- f.- Muros de hasta 7 m de largo. Principalmente en Tacna y Cusco, las viviendas presentan un solo ambiente en cada piso, esto obliga a adicionar en el centro del muro una doble malla vertical de 0.45 m (en los muros de hasta 5 m de largo) o de 0.90 m de ancho (en los muros de hasta 7 m de largo), interconectadas por alambre #8.
- g.- Viviendas de dos pisos. La técnica de reforzamiento propuesta fue investigada experimentalmente para el caso viviendas de un piso; sin embargo, en la sierra abundan las construcciones de adobe de dos pisos, por lo que para incrementar la resistencia sísmica de los muros del primer piso, se efectuó un enmallado horizontal total (aparte de las mallas colocadas en franjas verticales) en todos estos muros, mientras que para los muros del segundo piso (donde la fuerza sísmica es menor) se aplicó la técnica de enmallado por franjas.
- h.- Tímpanos de los techos a dos aguas. La solución de coser mediante tablas la base del triángulo que forma al tímpano, no pudo aplicarse, por cuanto en la parte interior de la vivienda (usualmente con cielo raso) era imposible trabajar. Este problema se solucionó empleando una franja horizontal de 0.9 m de ancho que corría por el lado externo del tímpano (ver la Fig.3).
- i.- Muros medianeros portantes. En realidad todas las viviendas que hacen uso de muros medianeros portantes de las vigas del techo, deberían ser reforzadas, porque el colapso de una vivienda no reforzada, arrastraría a la vivienda reforzada; sin embargo, si el muro medianero no es portante y además el propietario de la vivienda vecina no permite reforzar su casa, entonces basta con enmallar totalmente dicho muro por la cara interna de la vivienda a reforzar.
- j.- Fisuras finas (menos de 3 mm de grosor) en la unión entre paredes ortogonales o en otras zonas del muro. En este caso, la fisura debe resanarse con mortero de cemento compactado a presión manual; previamente, la fisura debe profundizarse, limpiarse y humedecerse.
- k.- Adobes que se desmoronan al efectuar las perforaciones. En el Cusco los adobes tenían 15 cm de espesor y 50 cm de largo, esto obligó a emplear barretas en lugar de cincel para realizar las perforaciones. Al desgranarse el adobe por contener muchas piedras, se formaban huecos de 20x20 cm, en vez de 10x10 cm, lo que obligó a extender los ganchos de los conectores de 10 a 15 cm, a emplear una mayor cantidad de mezcla para taponar los huecos y a distanciar las perforaciones a 60 cm en vez de 50 cm.

3.2.- Defectos que hacen inaplicable la técnica, a no ser que se añada algún reforzamiento adicional.

- a.- Base de los muros muy deterioradas por efectos de erosión. Previamente, antes del enmallado, habría que construir una especie de calzadura de concreto en la base de los muros, apuntalando

el techo. Si el deterioro fue producido por humedad, habría que investigar si existe rotura de tuberías de agua o desagüe.

- b.- Techos muy deteriorados (apolillados, etc.). Habría que desmontar el techo existente, por lo que se podría añadir una viga solera de concreto en vez de la malla horizontal.
- c.- Muros muy largos (más de 7 m), sin arriostres intermedios. Habría que añadir una o dos columnas (de concreto armado) de arriostre en su zona intermedia.
- d.- Paredes desplomadas en más de 1 cm. Habría que desmontar la pared y construir otra reutilizando los adobes, adhiriéndolos con mortero de cemento. En la unión de la pared existente contra la nueva pared, deberá añadirse una columna de concreto armado para interconectarlas.
- e.- Paredes sin sobrecimiento, pero con cimentación. En este caso, para proteger la base de los muros, debe añadirse una malla horizontal (de 0.45 m de ancho) en esa zona.
- f.- Viviendas con baja densidad de muros. En cada dirección, la densidad de muros, calculada como la suma de las longitudes de los muros por su espesor y dividida entre el área techada, debería ser mayor que $0.07 \text{ m}^2/\text{m}^2$. En caso contrario, deberá añadirse muros de albañilería conectándolos contra las vigas del techo.
- g.- Dinteles que apoyan sobre adobes sueltos. Apuntalar el dintel y eliminar los adobes sueltos reemplazándolos por muros de albañilería o puntales de madera.

3.3.- Defectos insalvables

- a.- Viviendas ubicadas sobre suelos de pésima calidad (arenas sueltas, arcilla expansiva, arena con posibilidad de licuación, etc.).
- b.- Viviendas cuyos muros apoyan directamente (sin sobrecimiento ni sobrecimiento) sobre suelos de mala calidad.
- c.- Viviendas con más de dos pisos y baja densidad de muros.

4.- CONCLUSIONES

- a.- La técnica de reforzamiento fue rápidamente comprendida y aplicada por los albañiles de cada localidad, pero se requiere prestar asesoría técnica para indicar las zonas a reforzar.
- b.- La malla electrosoldada fue adquirida en las capitales de cada departamento.
- c.- Se detectaron una serie de problemas que presentan las viviendas de adobe existentes, algunos subsanables antes de aplicar la técnica de reforzamiento, otros que harían inefectiva dicha técnica, salvo que se utilice un sistema de reforzamiento adicional, y otros donde irremediablemente las viviendas está destinadas al colapso.

5.- REFERENCIAS

- 1.- Reforzamiento de viviendas de adobe existentes: Ensayos Sísmicos de Muros "U". L. Zegarra, D. Quiun, A. San Bartolomé y A. Giesecke. Ponencias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Trujillo, 1997.
- 2.- Reforzamiento de viviendas de adobe existentes: Ensayos Sísmicos de Módulos. L. Zegarra, D. Quiun, A. San Bartolomé y A. Giesecke. Ponencias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Trujillo, 1997.

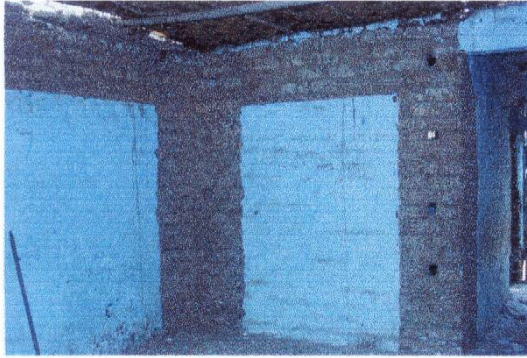


Foto 1. Remoción del tarrajeo y perforaciones para conectores.

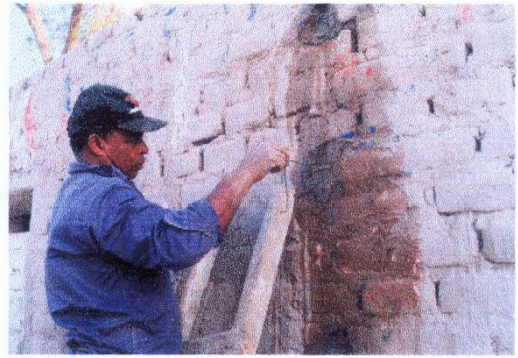


Foto 2. Instalación de conectores.

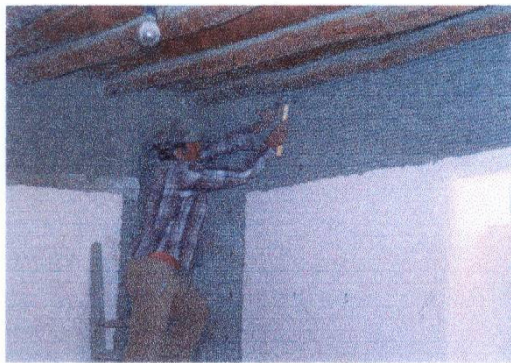


Foto 3. Instalación de la malla.

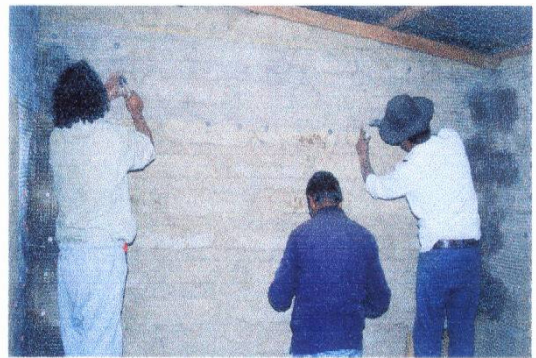


Foto 4. Clavado de la malla.

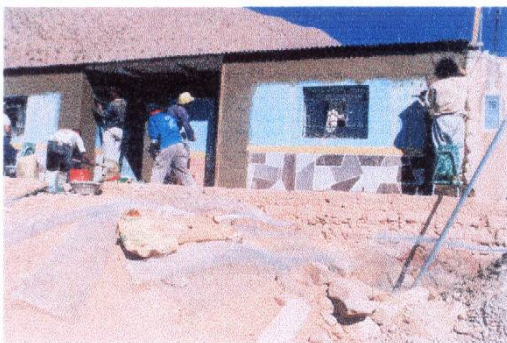


Foto 5. Tarrajeo de la malla.



Foto 6. Fachada terminada.