

REFORZAMIENTO CONTRA TERREMOS DE EDIFICACIONES EXISTENTES DE ADOBE EN EL ECUADOR

INFORME DE AVANCE

Abril 2000

1. ANTECEDENTES

Desde hace más de 4 años gracias al Proyecto CERESIS - GTZ, fue posible desarrollar una serie de investigaciones tendientes a evaluar el comportamiento de vivienda de adobe frente a cargas sísmicas, para de esta manera identificar las zonas críticas que deben reforzarse, así como investigar sobre métodos y materiales apropiados para ejecutar dicho reforzamiento de manera sencilla y a costos accesibles a la comunidad.

Recientemente y con el propósito de difundir los resultados alcanzados en esas investigaciones, por iniciativa de CERESIS y con apoyo de la GTZ, se decide llevar a cabo un plan de reforzamiento en distintos países latinoamericanos, entre ellos, especial interés se pone en los países andinos, dado que un alto número de la población indígena vive en estructuras de adobe o mampostería sin reforzar.

Se encarga a la Escuela Politécnica Nacional la ejecución del proyecto CERESIS/GTZ para el reforzamiento sísmico de edificaciones de adobe en el Ecuador, con el propósito de difundir y capacitar a la comunidad sobre la técnica de reforzamiento propuesta y su ejecución en sitio, para que sea ella la que en el futuro se encargue del proceso integral.

Las etapas previas al proyecto como son la identificación de posibles edificaciones a ser reforzadas, contactos con organismos gubernamentales y sector privado, estimación de volúmenes de material y difusión del proyecto, se cumplieron durante el segundo semestre del año de 1999. La ejecución misma del proyecto sólo pudo concretarse a inicios del mes de Febrero del año 2000, una vez que CERESIS aseguró los fondos necesarios para el mismo.

El presente constituye un informe de avance de las actividades desarrolladas y da cuenta del estado actual del proceso de reforzamiento implementado, el mismo que esperamos pueda concluirse en el verano del año 2000, como se justificará en la sección pertinente.

2. COMPORTAMIENTO SISMICO DE ESTRUCTURAS DE ADOBE

En diversos terremotos ocurridos en el Ecuador así como en la región andina, se ha observado que en general las estructuras con sistemas constructivos tradicionales, entre ellas las de adobe, presentan un pobre comportamiento sísmico, llegando incluso al colapso en forma muy rápida, aún frente a sismos moderados.

Algunos de los daños típicos, observados en este tipo de estructuras, se muestran en las figuras 1 a la 4 y pueden resumirse así (Referencias 1, 2 y 3):

- Fisuras en el centro y las uniones de las paredes o muros portantes, debido a la acción de fuerzas sísmicas actuando en forma perpendicular al plano de la pared, las mismas que generan tracciones por flexión en el centro y tienden a empujar los muros separándolos en las uniones.
- A causa de las mismas fuerzas sísmicas actuando en forma perpendicular al muro, suelen aparecer fisuras en el triángulo superior que conforma el tímpano, utilizado para formar los techos a dos aguas, donde la viga del cumbrero produce empujes importantes sobre la pared, provocando usualmente su desplome o grandes boquetes.
- Las fuerzas laterales actuando en el mismo plano de la pared producen esfuerzos cortantes que generan tensión diagonal, provocando fisuramiento. En los sitios donde existen aberturas, por la presencia de puertas y ventanas, las fisuras se inician a 45° desde las esquinas y se propagan en forma curva hacia arriba. Cuando las fuerzas sísmicas son mayores, aparecen las grietas a 45° en ambas direcciones, dejando la bien conocida “X” o marca del sismo.

El proceso de fisuramiento arriba descrito resulta muy peligroso puesto que impide el trabajo integrado de los muros, quedando los elementos estructurales sueltos, sin arriostamiento, permitiendo un trabajo aislado de cada uno de ellos, por lo que al continuar el movimiento sísmico, éstos tienden a su colapso total o parcial.

Usualmente las casas de adobe existentes no cuentan la denominada viga solera, la misma que permite integrar los muros para su trabajo de conjunto y limitar el crecimiento de las potenciales grietas.

La técnica de reforzamiento desarrollada proviene de numerosos ensayos de simulación sísmica llevados a cabo sobre modelos físicos probados con distintas alternativas como sogas, tablas, mallas de gallinero, malla electrosoldada, etc. y permite retardar el colapso de las viviendas de adobe existentes en la región andina, de modo que los ocupantes tengan suficiente tiempo para evacuar y ocupar lugares mas seguros durante la ocurrencia de un sismo.

3. OBJETIVOS

El proyecto CERESIS-GTZ tiene tres objetivos principales:

- a) Ver la pertinencia de utilizar las técnicas desarrolladas en el Perú para el resto de países andinos.
- b) Transferir y Capacitar a distintas comunidades sobre la necesidad de contar con viviendas seguras frente a posibles terremotos.
- c) Estimar la factibilidad económica del proyecto a través de costos reales de reforzamiento en edificaciones existentes.

4. ALCANCE Y DIFUSION

Como se ha mencionado anteriormente, para lograr los objetivos planteados CERESIS realizó las gestiones necesarias ante GTZ para lograr un pequeño capital semilla que permita ejecutar el reforzamiento de 3 edificaciones.

Con el propósito de lograr el mayor rendimiento de dicho capital, así como alcanzar un mayor impacto del proyecto, se discutieron varias alternativas para la selección de las edificaciones a ser reforzadas, criterios que pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) El proyecto fue pensado inicialmente para vivienda, en particular aquella en el área rural.
- b) Se consideró la posibilidad de compatibilizar los intereses y alcances del PROYECTO CERESIS/GTZ, junto con otro realizado por la Escuela Politécnica Nacional y otros organismos nacionales e internacionales, relativo a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Quito, el mismo que da cuenta de la mala condición sísmica de numerosas edificaciones escolares, entre ellas, de manera particular, las construidas en adobe.
- c) Levantar el interés de determinados organismos gubernamentales empeñados en la solución de problemas relativos a la vivienda de interés social como el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), u otras que buscan apoyar a las comunidades en proyectos compartidos como el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).
- d) Informar al sector privado y la ciudadanía en general sobre las bondades tanto técnicas como económicas del proyecto.

Con este objetivo, se realizaron los contactos necesarios con los organismos arriba mencionados, el Centro de Asesoramiento para Vivienda Popular CAVIP, programa adscrito al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, tuvo gran interés en la propuesta puesto que a través de su Sistema de Inventivos para la Vivienda, la ciudadanía en general puede tener acceso al plan para mejora y adecuación de vivienda, en el que el beneficiario del programa, recibe en calidad de bono, hasta el 30% de su inversión en mejoras. Se visitó el CAVIP habiendo destacado al Ing. Fernando Bedón para realizar el seguimiento del reforzamiento en el sitio.

Otra de las instituciones consultadas fue el Fondo de Inversión Social de Emergencia FISE, se nos indicó que efectivamente, el programa no podía apoyar vivienda de tipo particular, pero sí otro tipo de proyectos comunitarios como por ejemplo escuelas. El Dr. Teodoro Abdo, director del FISE, mostró su particular interés en la propuesta, señalando la posibilidad de iniciar un proceso masivo de reforzamiento de escuelas de adobe en las serranías ecuatorianas, para lo cual resultaba particularmente importante conocer de mejor manera las técnicas de reforzamiento, así como los costos reales que se podían alcanzar.

Para informar al sector privado sobre el proyecto, se seleccionó a la empresa IDEAL-ALAMBREC, quienes producen la malla de reforzamiento en el Ecuador, para que conozcan de manera cercana el proceso y lo apoyen a través de sus productos. En particular se pudo detectar que esta empresa no hace una malla idéntica a aquella utilizada en Perú, por lo que debieron preparar un material que se le asemejara lo mas posible. En el caso de que en el país se pudieran arrancar procesos masivos de reforzamiento, esta empresa tendría interés en producir la malla de las características requeridas. Igualmente mostró una gran apertura para apoyar la elaboración de material de difusión una vez concluido el proyecto.

Finalmente, y con el propósito de llegar de mejor manera a la ciudadanía, uno de los medios de comunicación más importantes del país, el Diario el Comercio, difundió el proyecto, en página llena el día Sábado 19 de Junio de 1999, la misma que se adjunta en el anexo correspondiente.

De este modo, se eligieron 4 edificaciones para la ejecución del proyecto en el Ecuador, una casa de adobe ubicada en una comunidad indígena denominada San Miguel, en el Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, una casa de dos pisos localizada en el Sector de Tumbaco en uno de los valles cercanos a la ciudad de Quito, y dos escuelas de adobe ubicadas en la capital de la República.

Se espera que en el futuro un mayor número de edificaciones de Adobe, tanto casas de habitación como escuelas, puedan ser incorporadas progresivamente al proceso, ya sea con el apoyo de organismos del sector público, del sector privado y en particular de la ciudadanía a través de su propio esfuerzo y sobretodo luego de una etapa de concientización en la que la población asimile el proceso como una necesidad urgente de reducir las pérdidas de vida y propiedad por efectos de la acción de los terremotos.

5. SELECCIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Una vez tomados en cuenta todos los criterios de selección arriba mencionados, se decidió ejecutar el reforzamiento de las siguientes edificaciones:

5.1 Una vivienda de adobe en la Comunidad de San Miguel, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura. El Cantón Cotacachi, de acuerdo a los estudios realizados para el proyecto de Modernización del Estado, señala que este cantón tiene un 75% de vivienda de adobe. La población es sumamente pobre, dedicada a las labores agrícolas en su mayoría. Por su belleza natural es una zona privilegiada para el desarrollo turístico y artesanal. Para oficializar el proceso se tomó contacto con el Sr. Economista Auqui Tituaña, Alcalde del Cantón Cotacachi. Una carta de intención suscrita por el Sr. Alcalde se adjunta al Anexo Respectivo. El propósito principal al seleccionar esta vivienda es el de difundir en la comunidad la metodología y ver la factibilidad de consecución de fondos adicionales para reforzar todas las casas de esa comunidad, la misma que alberga a unas 25 familias, con un alto porcentaje de niños. El equipo técnico visitó la zona por tres ocasiones previamente al inicio de las labores de reforzamiento. Actualmente, el reforzamiento de esta casa está totalmente concluido.

5.2 Dentro de lo que podría considerarse el primer resultado positivo en la difusión del PROYECTO DE REFORZAMIENTO CERESIS/GTZ en Ecuador, la Sra. Silvia Rivadeneira solicitó la colaboración del proyecto para reforzar su casa ubicada en la población de Tumbaco, valle cercano a la ciudad de Quito. Esta casa de paredes no confinadas de adobe se trata de una construcción prácticamente nueva, la misma que presentó fisuras en sus paredes debido a problemas tanto estructurales como constructivos. El hecho de tener dos pisos de altura, presentaba una complicación adicional que incrementaba la condición de vulnerabilidad de la casa. Por otro lado, se intentó variar un poco el tipo de malla utilizada para el reforzamiento, para aprovechar aquella que se encuentra regularmente en el mercado nacional. Al estar esta vivienda en la zona urbana del sector, se precisa la realización de planos para aprobación municipal. Dichos planos se adjuntan a este informe en el anexo respectivo. Cabe indicar que los costos de materiales y mano de obra adicional a los tres maestros de la construcción corrieron a cargo de la propietaria habiendo el proyecto además contribuido con la dirección técnica. Se aprovechó para poner en práctica algunos criterios locales relacionados con el tamaño de la cocada, particularmente para usar malla mas barata y de uso común en el país.

5.3 La Facultad de Ingeniería Civil cuenta con un importante banco de datos relativo a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares, generado gracias al Proyecto de “Seguridad Sísmica para las Construcciones Escolares de Quito, Ecuador”, realizado por la Escuela Politécnica Nacional y GeoHazards International hacia finales de 1996. Dos escuela identificadas como vulnerables son la Escuela Fiscal Mixta Zoila Ugarte de Landivar y la Escuela Alvaro Pérez Intriago. Las principales razones que motivaron a la elección de escuelas fueron la alta concurrencia de niños, jóvenes y profesores en tres jornadas diarias de trabajo y la posibilidad de conseguir fondos adicionales a través de los programas del Fondo de Inversión Social de Emergencia.

Estas escuelas no han podido ser reforzadas aún puesto que se requiere de al menos tres semanas para la realización de los trabajos y al estar las escuelas en su período regular de clases, los respectivos directores de escuela han sugerido la postergación de los trabajos hasta el mes de Julio en que los niños tienen sus vacaciones largas de verano. Fondos adicionales deben ser asegurados para proceder también al arreglo de las cubiertas que se encuentran en malas condiciones.

El material destinado por el proyecto para estas dos edificaciones ha sido adquirido con anterioridad y reposa en las bodegas de la EPN.

6. PERSONAL TÉCNICO Y DE APOYO

La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de la Ing. Jeannette Fernández, Subdecana de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional. Con el fin de lograr la mayor difusión posible de los aspectos técnicos del proyecto, se constituyó un grupo de apoyo, integrado por algunos profesores e investigadores de la institución, así como un grupo de estudiantes de pregrado y posgrado, quienes desarrollan sus tesis de grado con el auspicio de la Fundación Ecuatoriana para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), a través del proyecto de capacitación PC-BID-05, así como el director del Centro de Investigaciones para la Vivienda, PC-BID-100, también auspiciado por FUNDACYT.

A continuación la nómina del personal asignado al proyecto:

ING. HUGO YEPES, SUPERVISIÓN GENERAL, Director del Instituto Geofísico y Representante del Ecuador ante CERESIS, MSc. en sismología..

ING. JEANNETTE FERNÁNDEZ, COORDINADORA, Especializada en Ingeniería Sísmica.

ING. PATRICIO PLACENCIA, Director del Centro de Investigaciones para la Vivienda, MSc. Por la Universidad de Texas en Austin.

ING.-ARQ. PAUL GACHET, Profesor y Constructor.

ING. GUSTAVO BARAHONA, profesor del Departamento de Estructuras

ING. FELIX VACA, MSc., profesor, especialista en estructuras de mampostería.

ING. JOSE VILIELA, estudiante de postgrado, becario PC-BID-05

SR. AGUSTÍN CASTRO, estudiante de pregrado, becario PC-BID-05

SR. JOSE BENAVIDES, chofer y asistente de campo

SRA. ROCIO ARBOLEDA, Secretaria.

7. INFORMES TÉCNICOS INDIVIDUALES

7.1 REFORZAMIENTO DE UNA CASA EN LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL, CIUDAD DE COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.

7.1.1 ANTECEDENTES

Como antecedente se puede señalar el pedido del Sr. Economista Auqi Tituaña, Alcalde del Cantón Cotacachi, para que la Comunidad de San Miguel sea considerada dentro del Proyecto. Se adjunta comunicación.

Se solicitó al presidente de la comunidad, se seleccione la vivienda que sería beneficiada con el reforzamiento. De acuerdo a la información suministrada, esta selección se la hizo mediante acuerdo con toda la comunidad y se designó a la casa que presentaba mayores deficiencias constructivas. Otro factor tomado en cuenta fue la situación económica de la familia beneficiada.

Durante las tres visitas previas, se explicó al dueño de casa y a sus vecinos en que consistía el reforzamiento y se les aleccionó en cuanto al proceso constructivo, de tal manera que ellos estuvieran en condiciones de prestar su mano de obra para la ejecución de los trabajos. Cabe indicar que esta fue la primera casa que se procedió a reforzar por lo que resultaba particularmente importante que todo el personal técnico participara en todo el proceso. Dada la ubicación de la vivienda, se decidió trabajar tres días a la semana, el Viernes más Sábado y Domingo, al menos hasta dejar concluida la etapa de colocación del refuerzo. La fase final de enlucido se trabajó a día seguido.

7.1.2. SISTEMA ESTRUCTURAL RESISTENTE

Se trata de una casa de un piso, de sección rectangular de 6 x 10 m conformando los dormitorios y cocina. Hacia el exterior tiene dos paredes en sus extremos para conformar el porche de acceso. Las paredes son de adobón de 80 cm. de ancho, sin ningún tipo de confinamiento. La cubierta es de madera con teja pesada y no se dispone de ninguna viga solera, por lo que la estructura es altamente vulnerable.

7.1.3 DIAGNOSTICO

Además de los problemas estructurales señalados, la vivienda presenta un alto estado de deterioro debido al humedecimiento de paredes y en general falta de mantenimiento. Algunas grietas aparecen en sus paredes, sobretodo en los sitios de unión de los grandes bloques de adobón.

7.1.4 REFORZAMIENTO

Dada la configuración en planta de esta edificación, se trata de un rectángulo, donde en uno de los sentidos las paredes son excesivamente largas, sin ningún tipo de arriostramiento, por lo que era necesario proporcionarle condiciones para que la estructura se comporte como un cajón.

7.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ENCHAPADO

Se siguieron estrictamente todas las recomendaciones de la metodología formulada por CERESIS, esto es la disposición de malla de cocada pequeña, muy similar a la peruana, dispuesta a manera de “vigas”, tanto en la parte superior como inferior. En las esquinas interiores se dispuso la misma malla en sentido vertical, mientras que en la parte exterior se adicionó malla de cocada grande, para poder abrazar suficientemente bien la esquina, dadas las dimensiones de la pared. El recubrimiento de la malla se lo hizo con mortero de arena y cemento en proporciones 1:4.

7.2 REFORZAMIENTO DE UNA CASA EN EL VALLE DE TUMBACO

7.2.1. ANTECEDENTES

La Sra. Silvia Rivadeneira, poseedora de un lote de terreno en el sector de Tumbaco, en las etapas finales de la construcción de su casa de dos pisos en adobe, advierte la presencia de fisuramientos y otros problemas de orden constructivo, por lo que decide solicitar información relativa a la posibilidad de utilizar la técnica de reforzamiento difundida, en su vivienda.

7.2.2 SISTEMA ESTRUCTURAL RESISTENTE

La casa en mención es de dos plantas, construida en adobe, ver archivo fotográfico. El entrepiso es de duelas de madera sobre vigas también de madera; estas vigas de madera se asientan sobre cadenas perimetrales de hormigón armado. La cubierta es de teja, soportada por una estructura de madera. La cubierta es de múltiples caídas, o múltiples aguas.

Las paredes de adobe tienen un espesor de 30 cm en planta baja, y 25 cm en planta alta. Los adobes son bloques de tierra sin comprimir. El mortero de unión de paredes es también de tierra. Las paredes tienen dos cadenas horizontales perimetrales de 30 cm de ancho y 20 cm de peralte, de hormigón armado; la una cadena está a nivel del entrepiso, y la otra a nivel superior. No existen columnas ni cadenas verticales como elementos confinantes. Por tanto, se puede afirmar que el sistema estructural resistente implícitamente asumido, está constituido por paredes de adobe no reforzadas, y no confinadas.

La mayoría de paredes de adobe de planta alta, coinciden con la respectiva pared de planta baja. Las distancias entre paredes están entre 2 y 5 m aproximadamente.

Las ventanas, aunque son de diverso tamaño, se podría decir que algunas de ellas son muy grandes para el sistema constructivo de la casa. Las ventanas tienen un dintel de madera que está justamente bajo la cadena perimetral de hormigón.

De lo expuesto se desprende la necesidad de refuerzo interno o de confinamiento, para compensar la poca o nula resistencia a la tensión que tienen las mamposterías. El sismo provoca grandes esfuerzos de tensión por flexión y por corte o tensión diagonal, que no pueden absorber las mamposterías. Requieren ayuda de elementos que puedan resistir tensión. Los elementos confinantes son una buena alternativa.

7.2.3 DIAGNOSTICO

La casa presente cae justamente en este caso. Es de paredes de adobe, de sólo 30 cm de espesor en planta baja, sin reforzar ni confinar, pues las vigas a nivel de entrepiso, que si bien constituyen una mejora desde el punto de vista sismorresistente, son insuficientes, incompletas, pues no llegan a confinar las paredes por falta de los elementos verticales. El sistema carece de rigidización horizontal completa, pues dichas soleras de hormigón no dan el carácter de piso rígido. Además, la ubicación de paredes y aberturas no es consistente con un planteamiento arquitectónico estructural de paredes resistentes, donde se deben incluir varias paredes completas, suficientemente largas, en las dos direcciones, y en las dos plantas, y con resistencia a la tensión diagonal.

7.2.4 REFORZAMIENTO

Se ha incluido un enchapado parcial o uno completo, de acuerdo a las necesidades. Con el primero, lo que se ha hecho es completar el enmarcamiento de las paredes mediante un enchapado básicamente vertical, pues el horizontal está presente con las vigas soleras de hormigón armado, en las principales intersecciones de paredes, con lo cual se pretende dar un confinamiento a las mismas, y alrededor de la aberturas grandes, con el objeto de incrementar la resistencia a corte y a flexión de la pared en su propio plano.

En tres paredes en la dirección larga y en dos en la corta, se ha incluido un enchapado completo, como se indica en el plano de reforzamiento, debido a la importancia de tener paredes confiables que hagan pareja entre sí, en cada dirección.

En la zona de la terraza sobre la cocina, existen las dos paredes de adobe que no tienen ningún ariostramiento lateral. Es necesario incluir unas mochetas laterales, hacia la terraza, para mejorar la estabilidad de dichas paredes. Esto aparece en el plano de reforzamiento.

El contrafuerte exterior que existe actualmente en la pared posterior, no está confiablemente unido a dicha pared, por lo que es necesario vincularlo.

7.2.5 CARACTERISTICAS DEL ENCHAPADO

El enchapado parcial es una forma de confinar las paredes existentes. Consiste en colocar dos placas de 5 cm, de hormigón reforzado con una malla electrosoldada, de diverso calibre, de acuerdo a la importancia de la pared; estas placas o chapas de hormigón, para no afectar la estética, no quedan superpuestas a las paredes existentes, sino que hay que practicar un excavado de 5 cm de profundidad, a lado y lado de la pared, a todo lo alto de la casa, y en un ancho indicado en el plano. Las dos chapas de hormigón quedan entonces a ras con la superficie de la pared. El excavado debe realizarse en lo posible con disco de amoladora, para evitar golpeteos que puedan fisurar la pared.

Para asegurar la efectividad del enchapado es imperativo vincular las chapas de uno y otro lado de la pared, mediante conectores firmes, constituidos por grapas hechas de varilla corrugada de 8 mm de diámetro, que crucen la pared por orificios previamente perforados. Las grapas deben abrazar los cruces de las varillas de las mallas. La ubicación de las grapas se indica en los planos.

El hormigón de los enchapes es de 180 kg/cm² de resistencia.

El enchapado completo también se indica en los planos. En este caso, no se requiere realizar el excavado en la pared, sino que se la estaría engrosando 5 cm a cada lado. El enchapado completo sólo se realiza en planta baja, en las paredes ya indicadas.

Debido a que es un trabajo no convencional, se recomienda realizar una supervisión cercana del proceso.

7.3 REFORZAMIENTO DE DOS ESCUELAS EN LA CIUDAD DE QUITO

7.3.1 ANTECEDENTES

La necesidad de dotar de estructuras mas seguras a un grupo de niños, jóvenes y profesores fue la principal motivación para la elección de dos edificaciones escolares, así como la posibilidad de ampliar el número de escuelas reforzadas mediante el apoyo de organismos

La Escuela Alvaro Pérez Intriago, ubicada en las calles Capitán Muller y Santa Teresa en el Barrio de Cotocollao de la ciudad de Quito, tiene aproximadamente 200 m², es de un solo piso y tiene capacidad para cerca de 150 estudiantes, en cada una de las jornadas de trabajo: matutina, vespertina y nocturna. Se trata de una estructura de fines del siglo XIX.

La Escuela Zoila Ugarte de Landivar se encuentra ubicada en la calle Checa # 437 en la ciudad de Quito. Alberga a 130 niños, 9 maestros y dos personas encargadas de su mantenimiento. Tiene un área de construcción de aproximadamente 250 m² en dos plantas. Data del año 1956

7.3.2. SISTEMA ESTRUCTURAL RESISTENTE

Las dos estructuras son de paredes de adobe sin confinar. La Escuela Álvaro Pérez posee una vieja cubierta de madera y teja, en la que no se ha dispuesto de una viga perimetral para asegurar el comportamiento integral de las paredes. En la Escuela Zoila Ugarte de Landivar se ha procedido a cambiar la cubierta teja por una mas liviana, compuesta por madera y eternit. El entrepiso de esta escuela es de madera.

7.3.3 DIAGNOSTICO

En ambas escuelas se presentan problemas tanto de serviciabilidad como de seguridad sísmica, existen goteras que, además de las incomodidades, deterioran la madera de la cubierta y las paredes de adobe. Existe evidencia de fisuras en las intersecciones de las paredes.

7.3.4 REFORZAMIENTO Y ENCHAPADO

Se adjuntan a este informe los planos de reforzamiento de las dos escuelas. Como puede observarse se han seguido los mismos criterios expuestos en la vivienda de la ciudad de Tumbaco, tanto para el reforzamiento como para el proceso de enchapado

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones y recomendaciones pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) El proceso de reforzamiento contra terremotos de edificaciones existentes de adobe es perfectamente aplicable en el Ecuador tanto por los aspectos técnicos como por los económicos.
- b) Existe gran interés en la ciudadanía en este proceso, desafortunadamente la severa crisis económica por la que atraviesa el país impide que la población invierta sus pocos recursos en un proceso de esta naturaleza, cuando están pendientes de solucionar problemas mas cotidianos.
- c) Cualquier proceso sostenido de reforzamiento estructural debe ser institucionalizado a través de alguno de los organismos gubernamentales como el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda o el Fondo de Inversión Social de Emergencia, con el asesoramiento técnico de Instituciones como la Escuela Politécnica Nacional.
- d) Difícilmente la población podrá destinar recursos para un proceso de este tipo, por lo que si se quiere hacer algún proyecto masivo, deberá contarse con fondos adicionales gestados a través de organismos internacionales que puedan apoyar procesos de este tipo.
- e) Es indispensable apoyar a instituciones como CERESIS para que difundan y promuevan a nivel regional conceptos relacionados con la necesidad de concienciar a la comunidad sobre temas de prevención de desastres y contribuir con técnicas y metodologías de orden práctico como aquellas propuestas por el PROYECTO DE REFORZAMIENTO CONTRA TERREMOTOS DE EDIFICACIONES EXISTENTES, llevado a cabo con apoyo de GTZ.
- f) Finalmente debemos felicitar la iniciativa de CERESIS y en particular la del Ing. Alberto Giesecke por este proyecto que redundará en beneficio de los países del Área Andina, así como agradecer tanto a CERESIS como a GTZ por incluir al Ecuador y a la Escuela Politécnica Nacional en tan importante proyecto.

FIGURAS

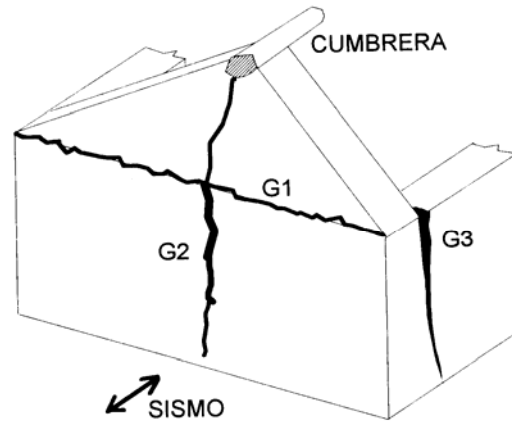


Fig. 1. Grietas por acciones sísmicas perpendiculares al muro (Ref.1)

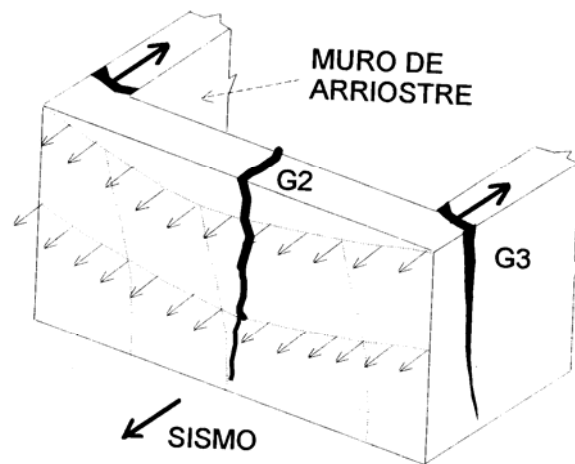


Fig. 2 Deformación del muro por carga sísmica transversal

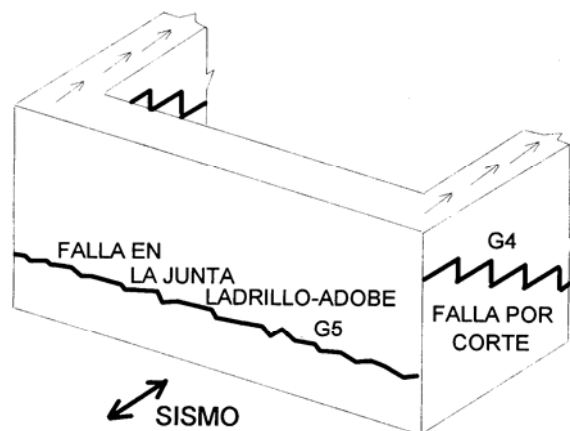


Fig. 3 G4, fallas por cortante por carga sísmica en el plano del muro G5, falla de tipo horizontal entre el sobrecimiento y el muro de adobe (Ref. 1)

REFERENCIAS

1. Zegarra L., San Bartolomé A., Quiun D., Giesecke A., **MANUAL TÉCNICO PARA EL REFORZAMIENTO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE EXISTENTES EN LA COSTA Y LA SIERRA, GTZ-CERESIS- PUCP, Lima, Marzo 1997**
2. El sismo de Pujilí, 28 de Marzo de 1996, MEMORIAS DEL SEMINARIO INTERNACIONAL “**IMPLICACIONES INGENIERILES, SOCIALES Y DE ADMINISTRACIÓN DEL DESASTRE EN CASO DE TERREMOTO**”, EPN, Quito, Julio de 1996
3. Fernández J., **The March 5th, 1987 Earthquake in Ecuador**, Proceedings of the Sixth Seminar Course on Seismology and Earthquake Engineering, BRI- IISEE, Tsukuba, 1988
4. **THE SCHOOL SEISMIC SAFETY PROJECT FOR QUITO-ECUADOR**, GeoHazards International, Escuela Politécnica Nacional, 1996