

REPARACIÓN SISMORESISTENTE EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE COMUNA DE COINCO, CHILE

Marcelo Cortés Álvarez¹; Masue Sakakibara Romero²

Fundación Jofré. ¹mcortes@marcelocortes.cl; ²masue.sakakibara@gmail.com

Palabras clave: Sismo, daños, rehabilitación, mallas electrosoldadas.

Resumen

Respecto a las condiciones de habitabilidad urbana, la tierra en la zona central de Chile constituye un material cuyas propiedades térmicas, acústicas y estéticas, conforman espacios de bienestar social en relación a la calidad de vida de la comunidad que habita dichos lugares patrimoniales. Las continuas transformaciones de las viviendas por parte de propietarios para satisfacer las necesidades actuales, sumadas a los cambios de destinos originales de las viviendas, han generado el debilitamiento sismo resistente tanto en su agrupamiento como unidad, lo que se puso de manifiesto después del sismo del 27F del 2010, en la zona central de Chile, el cual dañó el 40% de las construcciones patrimoniales en tierra. El subsidio estatal para la reparación de construcciones de adobe ofrecido por el gobierno planteó la reparación de las viviendas, y con ello, de la forma de vida y costumbres de los poblados afectados. Su calidad espacial y social constituye en su colectivo, la fisonomía y calidad del espacio público del poblado de Coinco. El empleo de mallas electrosoldadas metálicas, en forma de piel por ambas caras en todos los muros y conectadas entre sí, además de la restitución de la techumbre como elemento conector y repartidor de los esfuerzos sísmicos, constituye el método de reparación para las viviendas afectadas. El uso de tierras locales de diversos colores para las terminaciones, rehabilita el empleo de la tierra como método válido contemporáneo. El sistema utilizado otorga estabilidad a los muros de adobe frente a los futuros eventos sísmicos, subsana los daños de las intervenciones desfavorables, controla desplazamientos producidos por los movimientos telúricos y da seguridad a estas construcciones para ser rehabilitadas.

1. INTRODUCCIÓN. RECONSTRUCCIÓN DE COINCO

Coinco es un poblado rural que queda a 115 km de Santiago al sur de Chile con una población de 7240 habitantes¹. Su estructura urbana está compuesta por 200 viviendas en su centro cívico, y un aproximado de 600 viviendas dispersas en la comuna. Similar a los poblados del valle central hasta Concepción, el material principal de las construcciones presentes corresponde a la tierra. Pues éstas, han logrado permanecer a lo largo del tiempo superando diversos escenarios sísmicos. El crecimiento habitacional de estas viviendas, ha estado basado en la intervención con materiales industrializados que provee el mercado, dejando de lado la continuidad constructiva en tierra de las viviendas originarias, cuya técnica predominante es el adobe. El Pueblo de Coinco al igual que los pueblos que lo circundan, desarrollan una estructura urbana de espacio público conformado por las viviendas de fachada continua y conectados por corredores que articulan la movilidad y la permanencia de sus habitantes en distintas estaciones del año, además de funcionar como un soporte para la sociabilización de sus habitantes. Las calles son conformadas por construcciones pareadas y alineadas en torno al eje central del poblado, encontrándose en muy pocos casos la conformación de manzanas o dameros clásicos de las estructuras urbanas españolas. Esta disposición volcada hacia el espacio público genera continuidad en la composición visual de valor arquitectónico y constructivo que compone un patrimonio de arquitectura en tierra.

¹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Coinco>

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este documento es hacer evidente la gestión del estado por brindar una solución habitacional de reconstrucción a zonas de carácter patrimonial, por medio de fondos gubernamentales, y con esto, dar cuenta de la propuesta desarrollada de reconstrucción y consolidación estructural a fin de evaluar los sistemas aplicados y mejorarlos en favor del patrimonio construido en posibles escenarios telúricos futuros.

3. TERREMOTO 27F 2010

El 27 de febrero del 2010 la zona central del país vivió la experiencia de un sismo de magnitud 8.8° (Richter), el cual afectó severamente a las edificaciones comprendidas entre las regiones V y IX. La zona descrita, corresponde a una extensión de 450 km en su longitud y 150 km de ancho.

En la tabla 1 se aprecia de forma comparativa los sismos que han sacudido a Chile en los últimos 75 años. El terremoto del 2010 involucró a una mayor cantidad de población y viviendas con respecto a los casos de los años 1939, 1969 y 1985.

Tabla 1. Tabla comparativa de sismos (Gobierno de Chile, 2010)

Características	1939 (24 de enero)	1960 (21 y 22 de mayo)	1985 (3 de marzo)	2010 (27 de febrero)
Magnitud (° Richter)	8.3	9.6	7.7	8.8
Epicentro	Chillán	Valdivia y Concepción (2 terremotos y 1 maremoto)	San Antonio	Cobquecura
Área afectada	Provincias de Talca a Angol =VII-IX	13 de 25 provincias del país (entre Talca y Chiloé) = VII-X	Principalmente V, VI y RM	Desde la V a la IX región
Víctimas Fatales	30.000	6.0001	177	521 ²
Damnificados	n/a	2 millones	979.792	2 millones ³
Viviendas destruidas	95% de las viviendas de Chillán	45 mil ⁴	142.489	200 mil ⁵
Superficie afectada (km ²) ⁶	99.207	166.220	48.186	131.006
Superficie afectada (%)	4.9%	8.3%	2.4%	6.5%
Habitantes zona terremoto	1.261.623	2.780.213	6.114.846	12.800.000 ⁷
Población Total Chile	4.930.000	7.374.115	12.102.174	17.094.275
Población afectada (%)	26%	38%	50%	75%
Daño total (millones de US\$ corrientes)	1.450	3.089	2.106	30 mil millones ⁸

¹ Haindl, E., "Chile y su Desarrollo Económico en el S. XX", 2006.

² Se estima en 56 el número de presuntas desgracias.

³ Oficina Nacional de Emergencia.

⁴ "Amor por el Servicio, Julio Phillipi". Se estima que el total de viviendas dañadas alcanzó las 450 mil.

⁵ Ministerio de Vivienda y Urbanismo Se estima que el total de viviendas que resultaron con daños alcanzaría las 370 mil.

⁶ Superficie total Chile continental 2.006.096 km²

⁷ CASEN 2010

⁸ Ministerio de Hacienda

3.1 Configuración del poblado de Coinco

En el poblado de Coinco, como también en los poblados vecinos, son distinguibles dos tipos de viviendas que se describen a continuación.

- Viviendas pareadas

Están presentes principalmente en los centros urbanos de las comunas y constituyen espacio público por su pareo. Su morfología corresponde a paños de muros de adobe continuos y con corredores adjuntos protegiendo las fachadas y la periferia de la construcción. Su configuración las hace depender de las unidades que conforman el conjunto de viviendas estructuralmente.



Figura 1. Fachadas continuas, zona urbana poblado de Coinco, registro 2012

- Viviendas aisladas

El prototipo de vivienda en las zonas rurales no es uniforme, y presenta más disposiciones morfológicas independientes que las viviendas pareadas. La oportunidad de las viviendas de adobe inscritas en sitios rurales, les permite recoger mayores áreas para la edificación sin depender de un volumen general que condicione a un conjunto. A pesar de estar construidas con la misma técnica, poseen comportamiento diferente a las viviendas pareadas ya que dependen principalmente del mantenimiento e intervenciones realizadas.

3.2 Reconocimiento de daños

La evaluación respecto a los tipos de daños presentes en las viviendas descritas, arroja como resultado que las intervenciones y modificaciones posteriores al volumen original de las viviendas junto con el bajo nivel de mantención y conservación, son las principales condiciones que afectaron el deterioro y su comportamiento desfavorable frente al sismo.

Las intervenciones en la techumbre (retiro de tejas por materiales de menor peso), significó debilitar el sistema constructivo general. Pues la carga de la techumbre y la cubierta de teja, colaboran con la estabilidad a compresión de los muros de adobe. Finalmente la incorporación de materiales con propiedades ajenas a la construcción en tierra, perjudicó la capacidad y la resistencia a sismos.

Las intervenciones estructurales como la adición o sustracción de elementos ya sean muros o contrafuertes, apertura o cierre de vanos, modificaron su comportamiento sísmico debilitándolo o no funcionando de manera colaborativa con el sistema general.

- Pareo, estabilidad del conjunto

Para la zona urbana, la incidencia del terremoto tiene directa relación de la vivienda con su contexto inmediato. Los daños, que determinaron la caída de viviendas, ocurrieron en las construcciones intervenidas, por diversos usos y readecuaciones de locales comerciales u otros. Modificando el sistema de construcción originalmente diseñado.

- Conjunto dañado

El sistema de viviendas pareadas produce una estrategia de mayor estabilidad por asociación estructural de unidades. Sin embargo se ve severamente afectado al haber demoliciones parciales e intersticiales dentro de las estructuras originariamente continuas, lo que debilita el conjunto por pérdida del comportamiento estructural.

Si bien la comunidad fue azotada por un sismo de gran intensidad, las modificaciones constantes de las unidades de viviendas y la falta de conservación continua se convierten en factores que debilitaron a la vivienda antes del sismo. Estos fallos parciales se vieron potenciados con el efecto telúrico ocurrido. Aun así, siendo comunidades con culturas arraigadas a la edificación con adobe, el tipo de daños y la cantidad de afectados develan

en cierto modo, que la comunidad no conoce plenamente las técnicas constructivas ancestrales, y que desconocen el funcionamiento del sistema constructivo de sus hogares. A pesar de portar con una gran carga histórica en la construcción de adobe, se ha perdido de manera parcial los saberes ancestrales en las nuevas generaciones.



Figura 2. Daño vivienda, zona urbana poblado de Coinco, registro 2012

4. SUBSIDIO HABITACIONAL

En función de los daños ocasionados por el sismo del 27F, el porcentaje de damnificados respecto a la población total alcanzó el 11%, manifestándose para el país zona de catástrofe. Los procesos de reconstrucción para las regiones afectadas se generaron de forma tardía, pues a pesar de ofrecerse subsidios de reconstrucción, la cantidad de casos afectados superó la capacidad de las constructoras (MINVU, 2011).

Entre las dificultades, se menciona el problema para las empresas constructoras establecidas en comunas o centros urbanos. Para ellos, significaba distribuir funcionarios y maquinarias de construcción en diversos sitios rurales con la complejidad que esto implica. La condición dispersa de las viviendas situadas en zonas rurales y de cinco regiones del país, dificultó el proceso regular de las licitaciones públicas de todo el país.

Para los casos patrimoniales de arquitectura en tierra, el escenario se tornó aún más desfavorable, pues el conocimiento y la aplicación de técnicas ancestrales para la construcción y reparación de viviendas con adobe, era materia nueva para las compañías que se mantenían construyendo con materiales producidos en serie. El conocimiento de los métodos ancestrales era escaso y considerar la restauración de los casos afectados se convirtió en un riesgo.

No sólo con la experiencia traumática del sismo, la espera por la reparación de las viviendas por parte de la comunidad generó angustia y crisis en las familias, lo que atentó en contra del patrimonio en tierra. Muchos locatarios decidieron derrumbar muros que podían ser reparados, atemorizados por posibles réplicas.

En la tabla 2, se muestran los diferentes instrumentos dispuestos por el gobierno como plan para abarcar la reconstrucción. Con el tiempo, los subsidios ofrecidos ampliaron la cobertura para la restauración y reparación de un mayor número de viviendas atendiendo la aplicación de técnicas ancestrales.

Para la reconstrucción de la localidad de Coinco, se hizo uso de los subsidios "Fondo Solidario de Vivienda" y "Construcción en Sitio Residente" (FSV I CSP) de 640 UF (equivalentes a 24.900 USD), para la reparación de viviendas y otra modalidad según el Decreto Supremo 40 DS40 de 550UF (equivalentes a 21.385 USD). Las empresas encargadas de la reconstrucción debieron contar con un monto inicial propio que les permitiera partir con los trabajos correspondientes. Los pagos para estos sistemas se generaron a medida que las empresas cumplían con el avance de las obras.

En el caso DS40 el subsidio es remunerado al finalizar la obra, por lo que la empresa debía contar con capacidad económica para solventar la cantidad de tiempo de ejecución y los materiales requeridos.

Tabla 2. Tabla de subsidios a implementar (Gobierno de Chile, 2010).

Grupo Objetivo	Solución	Instrumento	Cantidad de Subsidios
Viviendas Serviu severamente dañadas o destruidas	Construcción de una vivienda nueva en el mismo sitio o en un sitio nuevo, dependiendo de la densidad poblacional del conjunto	FSV I CSR FSV I CNT	20.504
Familias en condición de vulnerabilidad social sin vivienda	Construcción de una vivienda nueva en terrenos nuevos	FSV I CNT	15.000
Ciudades y pueblos costeros afectados por tsunami	Actualización del plan regulador + proyecto urbanístico de la ciudad + entrega de una vivienda en el sitio de la propiedad	FSV I CSR + URB	11.576
Viviendas – mayoritariamente de Adobe– severamente dañadas o destruidas	Construcción de una vivienda nueva en el sitio de la propiedad afectada	FSV I CSR	68.958
Viviendas en zonas de interés patrimonial	Reconstrucción o restauración de la vivienda de acuerdo a la arquitectura original	FSV + renovación urbana	2.955
Familias con capacidad de endeudamiento que sus viviendas hayan sido afectadas por el terremoto	Entrega de un subsidio que permita a las familias ser sujetos de créditos bancarios	DS40	15.000
Viviendas de familias que hayan sufrido daños menores y reparables	Asistencia Técnica + Bono de reparación para autoconstrucción	PPPF	61.956
Total			195.950

FSV: Fondo Solidario de Vivienda; CSR: Construcciones en sitio Residente; CNT: Construcción en Nuevos Terrenos; PPF: Programa Protección Patrimonio Familiar; DS40: Decreto Supremo 40.
Fuente: Ministerio Vivienda y Urbanismo.
*UF 24 agosto 2010: 21.289 pesos.

5. REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN TIERRA EN LA COMUNA DE COINCO

5.1 Gestión de Fondos

Para la participación en estos proyectos de reconstrucción se concita con la participación de financiamiento colectivo, de parte de la Fundación Jofré, a partir de personas interesadas en la protección del patrimonio, arquitectura y construcción en tierra. De esta manera, es posible recaudar fondos en un monto de \$8.000.000 (12.700 USD) lo que permite obtener una base para iniciar el proceso de reconstrucción y reparación.

Con este monto inicial se puede iniciar la reconstrucción en la comuna de Coinco, el prototipo de pago del FSV I CSP entrega estados de pago a medida que se avanza en la obra. En cambio el DS40 se debe financiar el total de la obra ya que el pago es contra recepción municipal.

5.2 Sistema de reparación de malla en piel por ambos lados del muro

La construcción con tierra conlleva procesos de restauración constantes para mejorar las propiedades a través de nuevas aplicaciones y técnicas, un ejemplo de ello, es la restauración de la iglesia de San Pedro de Alcántara, anterior al sismo del 27F. La reparación a la cual fue sometida la iglesia, corresponde a la inclusión de mallas electrosoldadas en ambas caras del muro. Con esta técnica, se esperaba mejorar sus propiedades mecánicas y que colaboraran en la estabilización de la estructura. Sucedió el sismo, se comprobó el comportamiento favorable y su capacidad de estabilizar muros de adobe controlando sus desplazamientos a través de amarres continuos en forma de piel que envuelven ambas caras de los muros. Este sistema, pudo verificar su eficiencia, la estabilidad de su estructura y las condiciones de seguridad y habitabilidad. La fundación Jofré asesora y participa en la reparación de viviendas de adobe en la localidad con esta aplicación técnica.



Figura 3. Reparación iglesia San Pedro de Alcantara, fuente COTTA Chile

Para la reparación de las casas de la comuna de Coinco, el concepto fundamental es la restitución y el respeto al modelo gravitacional de la construcción con adobes, esto es una estrategia basada en el peso y en la geometría en planta de las edificaciones, con todos estos componentes reparados mediante la restitución del sistema original de construcción con adobe, trabado de muros, retejido de zonas dañadas dentro de los muros (restitución) y reparación de elementos constructivos complementarios como refuerzos llaves, cadenas y estructura de techumbre.



Figura 4. Reparación de viviendas, zona urbana poblado de Coinco, registro 2013

El sistema de estabilización se basa en que una vez realizada la reparación de los daños y reconstituyendo la geometría de los muros, se envuelven estos en mallas electrosoldadas conectadas, lo que genera el confinamiento de la tierra dentro de un exoesqueleto que colabora en la resistencia a la tracción: al control de roturas, desplazamientos, agrietamientos, todos los factores que contribuyen al colapso y en los casos más críticos caídas de las viviendas. Se deben remover los estucos existentes con el fin de evidenciar grietas, fisuras, intervenciones y daños en general en los muros. Los que subsanados mediante las técnicas tradicionales en tierra permiten el confinamiento en mallas estabilizantes en forma de piel. Estos elementos de apoyo externos conectan todos los elementos constitutivos de las viviendas cubiertas, dinteles, tijerales, cadenas, y estructuras de tabiquería y muros intermedios complementarios a los de adobe.

Las estrategias centrales consistieron entonces en el empleo de mallas electrosoldadas a modo de piel por ambos lados del muro conectadas por medio de conectores metálicos soldados en toda la altura del elemento y revocadas con tierra, y la restitución de los

elementos de techumbre ya sean piezas faltantes, tejas o amarras para conformar el elemento unificador de la vivienda.

6. CONCLUSIONES

El escenario de Chile como una plataforma para evaluar las huellas que un sismo deja sobre nuestro patrimonio cultural, devela por una parte una serie de localidades que se ven constantemente afectadas. Un sismo para cada una de estas comunidades, significa ver desaparecer gran parte de las técnicas ancestrales por derrumbes, daños y desplomes. Y junto con ello su identidad. Por esto, es necesario generar planes de reconstrucción continuos que permitan reparar daños menores. La reparación temprana permite anticipar el comportamiento de estructuras inestables, para así poder tecnificar las construcciones existentes con los conocimientos que se han ido generando. El trabajo constante en el mejoramiento del adobe, es una postura que está dispuesta a enfrentarse al panorama desolador de un sismo.

En la actualidad la localidad de Coinco, ha logrado reencontrarse nuevamente con las técnicas ancestrales en tierra. Coinco actualmente puede expresar un método más seguro en la estabilidad de muros de adobe que permiten el habitar, pero esta técnica encontrada no es aplicable a todos los pueblos del país en los que se construye en material de tierra. Cada zona geográfica posee sus limitaciones geográficas, estructurales y climáticas, y por ende es necesario investigar "ahora" cuáles son los métodos de conservación para estos sitios que aún no han sido afectados por un sismo. El conocimiento en este caso y seguido de la experiencia, puede anteponerse a un escenario catastrófico para enfrentarlo de mejor manera, sin necesidad de esperar la catástrofe a la cual pueda ser sometida una localidad.

El aprendizaje y evaluación de técnicas en los materiales de tierra y principalmente en el adobe, no refleja solamente la posibilidad de obtener conocimientos a partir de la experiencia, sino también, poder restituir viviendas y espacios públicos para la comunidad. Restituir el entorno natural de las familias afectadas en cada catástrofe, significa regenerar comunidades amigables, seguras y confortables. Pues el dominio de la técnica y la aplicación de ella en nuevas construcciones o en los procesos de restauración y reparación, nos acerca y prepara para enfrentarnos a los ideales de comunidades rurales o urbanas.

El conocimiento se torna una herramienta obsoleta que se recupera con las experiencias extremas. Reconociendo esto en el estudio de la comuna de Coinco, es necesario conservarlo y compartirlo de manera local y universal. Luego del 27F el resurgimiento de las técnicas ancestrales despertaron luego de años sin ser aplicadas. Ahora, teniendo un campo de estudio y con material reciente se debe expandir, sin permitir que ocurra un "desgaste u olvido del conocimiento".

Las intervenciones realizadas a las viviendas dan cuenta de un debilitamiento de los sistemas estructurales basados en masa, la falta de mantenimiento y descuido. Algo corroborado en distintas situaciones no sólo sismos, el difícil control de la obsolescencia en tiempos en que las técnicas están desarraigadas de su territorio complica la valoración y promoción del patrimonio construido.

La generación de subsidios gubernamentales en valor, la apropiación de una forma para la rehabilitación de construcciones de viviendas de adobe, única en la historia de Chile, que permitirá sacar valiosas conclusiones en el futuro sismo, que sabemos vendrá y permitirá evaluar todas las estrategias empleadas en la estabilización y posible normalización de éstas, para la estabilidad y seguridad para las viviendas en adobe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno de Chile (2010). Plan de reconstrucción terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010. Disponible en:
<http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/plan-reconstruccion-resumen-ejecutivo.pdf>

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. MINVU (2011). Programa de reconstrucción de vivienda ¿Cómo postular a un subsidio de reconstrucción? Disponible en: www.minvu.cl

AUTORES

Marcelo Cortés, Arquitecto, miembro de Red ARCOT (red de Arquitectura y Construcción en tierra), miembro fundador Fundación Jofré. Desarrollo profesional en la investigación y construcción de técnicas en tierra. Currículo completo www.marcelocortes.cl.

Masue Sakakibara, Arquitecto colaborador de Red ARCOT, miembro de Fundación Jofré. Desarrollo profesional en reconstrucción y reparación de viviendas en la zona de catástrofe sismo 27F, 2010. Cursando estudios en Curso de especialización en Conservación y restauración en Arquitectura, Universidad de Chile.