



Tópico 4 N° 15

TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN PARA LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL PATRIMONIO CHILENO EN TIERRA

Claudia Torres Gilles

*Dra. Arquitecta, Docente Departamento de Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile
claudiatorres@uchilefau.cl*

RESUMEN

En el estudio se analizarán las recientes experiencias de proyectos de intervención para la recuperación y conservación de nuestro patrimonio en tierra. Presentándose tanto las diferentes posturas y criterios para enfrentar la conservación de determinadas obras en función de su estado de conservación, como los diversos sistemas de refuerzo que han sido aplicados en los programas de reconstrucción post terremoto, tanto de obras con declaratoria de monumento como en aquellas construcciones anónimas que forma parte del paisaje patrimonial de zonas típicas.

En las conclusiones se plantea la relación entre los diversos métodos de intervención y la categoría de la obra en función de los recursos económicos asignados, tanto desde el sector público como de los privados, demostrando que aquellas intervenciones que responden a criterios académicamente más apropiados en cuanto a compatibilidad material y capacidad resistente, en general se aplican a obras de mayor valoración histórica y cuentan con significativos recursos para su ejecución. Este tipo de actuaciones seguirá siendo factible mientras no sean probadas y evaluadas empíricamente frente a las acciones de un nuevo terremoto.

Palabras-Clave: Refuerzos, Intervention technics, adobe

1. INTRODUCCION

Las obras del patrimonio arquitectónico en Chile, levantadas antes de mediados del siglo XX, están estructuradas en su mayoría en base a muros levantados sobre fundaciones de piedra y construidos en tierra cruda, utilizándose normalmente sistemas como la albañilería de adobes y las tabiquerías de madera con adobe y adobillos. Usualmente estas obras poseen estructura de madera en la techumbre, las cuales debieran cumplir la función de amarre de los muros antes mencionados. Este tipo de construcciones tradicionales ha sido vulnerable frente a las condiciones altamente sísmicas de nuestro país, principalmente en aquellos casos en que presentaban un mal estado de conservación, llevando a la consecuente pérdida de parte de nuestro patrimonio arquitectónico.

A partir del programa nacional de *Puesta en Valor del Patrimonio*¹ y de las dramáticas consecuencias del reciente terremoto de Febrero del 2010, se comienza a intervenir en estas obras, intentando por una parte, prolongar su vida útil, por otra, recuperar su sistema constructivo, o bien integrarles prestaciones que permitan su resistencia frente a nuevos eventos sísmicos. Todo esto bajo las evidentes dificultades para hacer cumplir las normas sísmicas vigentes en el país, en las cuales no se considera ni se menciona a los sistemas constructivos con tierra ya que se considera que este tipo de estructuras no están diseñadas para resistir esfuerzos sísmicos.

¹ Programa del Ministerio de Obras Públicas, con financiamiento BID



No obstante, actualmente se reconoce la necesidad de intervenir para recuperar estructuralmente las obras históricas que se han mantenido en pie, que se encuentran con evidentes procesos lesivos y que sin embargo son parte del patrimonio nacional y por ello nace el nuevo *Proyecto de Norma Chilena de Intervención Estructural en Construcciones Patrimoniales de Tierra* como un referente, aún cuando hasta ahora no ha sido aprobado oficialmente, así como también Manuales y Normas extranjeras.

Frente a estas condiciones el estudio presentado busca establecer tipos de intervención propuestas en los proyectos de restauración y reconstrucción, analizándose las técnicas diseñadas específicamente para mejorar la resistencia sísmica en los sistemas constructivos en tierra ya que su efectividad será puesta a prueba empíricamente en futuros terremotos.

Este estudio se enmarca dentro de la línea de formación y estudios: “Intervención en Edificios Existente” desarrollada dentro del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio se realizó un análisis comparativo entre las técnicas propuestas en los diferentes proyectos, los recursos asignados y la valoración patrimonial de las obras. Para ello se establece como campo de estudio dos tipologías de proyectos, por una parte, proyectos de Restauración de Monumentos (Programa de Puesta en Valor del Patrimonio, MOP) y por otra, los proyectos de Reconstrucción de Viviendas post- terremoto (Programa de Reconstrucción Patrimonial²).

Las obras seleccionadas para el estudio son diversas pero tienen en común el sistema constructivo. Este modo tradicional de construir, lo podemos encontrar en obras de variada escala, época y trascendencia histórica. Según esos parámetros se establecen los criterios de análisis de las técnicas de intervención (técnicas de consolidación, refuerzo y reparación estructural).

El estudio de los casos se documenta de manera directa en base a visitas en terreno y de modo indirecto en relación a referencias publicadas, realizándose un fichaje de los casos en función a su planimetría, técnicas de intervención, costo y valoración arquitectónica.

Finalmente se establecen las tipologías y las conclusiones a partir del análisis comparativo de los casos.

3. DESARROLLO

3.1 Tipologías arquitectónicas estudiadas

Todas las obras estudiadas se conforman como volúmenes rectangulares tipo pabellones que pueden ser subdivididos en recintos menores en la arquitectura domiciliaria. (Fig.1)

En general, en los espacios de arquitectura religiosa los muros perimetrales de las naves están contruidos en albañilería de adobe, por lo tanto se trata normalmente de muros de alturas superiores a los 7 metros y gran longitud, sin elementos de apoyo intermedio.

En el caso de la arquitectura domiciliaria la geometría de la planta es la misma, sólo que con divisiones interiores conformadas por tabiques de madera rellenos con adobes o adobillos, los cuales colaboran en la resistencia sísmica de la vivienda, absorbiendo los empujes horizontales sobre los muros de adobe, por lo tanto trabajan resistiendo esfuerzos de corte axial. La circulación entre recintos de la vivienda es por una parte interior, lo que significa que los muros transversales presentan vanos, y por otra exterior en corredores contruidos en base a la extensión de la techumbre apoyada en pilares y vigas de madera.

² Programa del Ministerio de Vivienda y Urbanismo



Muchas veces, estas obras incorporan algunos otros materiales o elementos de refuerzo que han colaborado estructuralmente en su conservación, como por ejemplo, en algunos casos de iglesias nos encontramos con contrafuertes externos productos de alguna intervención de refuerzo, o en viviendas es común encontrar escalerillas o vigas de remate superior en madera.

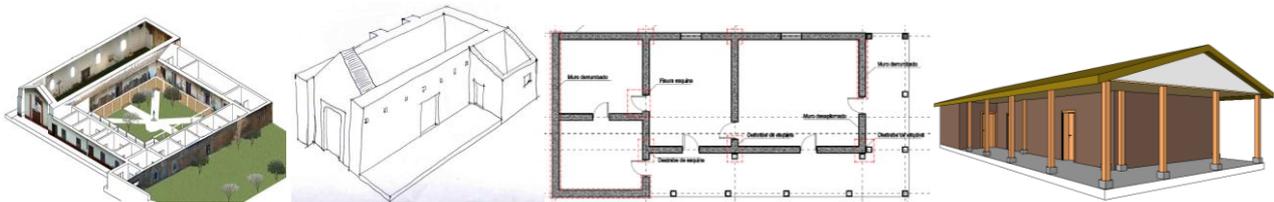


Figura1- Tipologías arquitectónicas. Espacios de culto y domésticos

3.2 Técnicas de intervención para la recuperación estructural

La “reconstrucción” de la obra se plantea en casos extremos, cuando los desplomes de los muros supera lo admisible (usualmente se considera el 10% del espesor del muro como deformación máxima admisible) poniendo en riesgo la seguridad de las personas y dejando vulnerable la estructura frente a nuevos sismos, o bien cuando muros o parte de ellos han colapsado desplomándose (Fig.2) y se debe conservar el espacio arquitectónico.



Figura 2- Muros colapsados y muros con desplomes.

Los “refuerzos” según la NCh 433³ buscan modificar las características de una estructura dañada o sin daños, de modo que se alcance un nivel de seguridad predeterminado mayor que el original, esto aumentando la capacidad resistente de la estructura original. En el caso de las albañilerías de adobes estos refuerzos se aplican normalmente, para mejorar las prestaciones frente a los empujes sísmicos.

Del mismo modo, en la norma antes mencionada, se indica que las “reparaciones” buscan restituir la capacidad resistente y rigidez original de la estructura, recuperando las continuidades constructivas o lesiones que presente la obra según su estado de conservación. En este estudio no se analizarán las obras de reparación, solamente aquellas que se proponen mejorar el comportamiento y la resistencia frente a empujes sísmicos u otras solicitaciones estructurales.

3.2.1 Reconstrucción con sistemas mixtos

En los casos de reconstrucción de los paramentos se aprovecha la ocasión para mejorar las fundaciones, tradicionalmente construidas con mampostería de piedra unidas con morteros de cal,

³ Norma Chilena NCh.433. Diseño Sísmico de Edificios (1996). Anexo A: Daño Sísmico y Recuperación Estructural.



barro o mezclas diversas. Se suelen cambiar por fundaciones corridas de hormigón armado con sobrecimiento de modo que se evite el contacto de los adobes con la humedad proveniente del suelo.

a) Entramados de madera

La reconstrucción de muros con estructura de entramado de madera se realiza para recuperar el muro en sus dimensiones originales, cambiando la lógica de los elementos resistentes. En este caso se construye un doble entramado de madera con pies derechos, diagonales y piezas horizontales de madera (para dar el espesor del muro) y luego se rellena con adobes, puestos en sogá o bien en pandereta. Este sistema lo vemos aplicado con mayor o menor retícula dependiendo de las cargas asociadas.

El sistema en naves de espacios continuos como las de las iglesias, incorpora elementos de amarre transversal entre muros paralelos, como son cerchas o vigas de madera, insertas o vinculadas al entramado ya que se busca mantener la continuidad espacial sin fraccionar el espacio litúrgico.

En el caso de la Iglesia Santa Inés de La Serena, vemos que en su reconstrucción, el módulo de diagonales en la retícula de madera que conforma el nuevo muro de acceso, es menor que el de los muros laterales, ya que sobre la fachada de acceso se asienta la torre y por lo tanto las cargas y solicitaciones son mayores que en los muros longitudinales. En este caso, se coloca además una malla de acero electrosoldada para mantener confinados los adobes y como soporte de los revoques realizados en tierra. (Fig.3)



Figura 3- Entramado de madera en Iglesia Santa Inés de La Serena [1]

b) Albañilería confinada

Las propuestas de reconstrucción en base a una albañilería confinada, contempla la construcción de una albañilería tradicional de adobe (soga o tizón) resistente a cargas de compresión, confinada entre pilares y vigas de madera, resistente a esfuerzos de corte axial, todo sobre fundaciones de hormigón armado. Para poder confinar con madera en espesores de muro sobre 30cm, se propone utilizar maderas laminadas o bien asociar piezas de madera con ensambles o unidas mediante pernos, como se construyen tradicionalmente los dinteles.

En estos casos se plantea el uso de mallas de contención en ambas caras de los muros de modo que se asegure la integridad física del muro. Ellas se fijan a las maderas con corchetes o puntas dobladas y a los tramos de albañilería con rafias o pitas de amarre a través del muro, de modo que trabajen colaborativamente con él.

En casos como la Casa Parroquial de Gualleco, el confinamiento vertical se logra con marcos de madera laminada del mismo espesor de los muros, permitiendo mantener espacios continuos sin

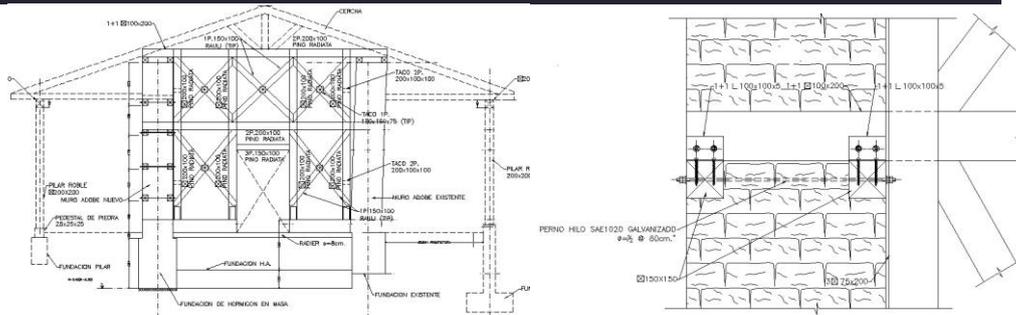


Figura 5- Propuesta de tabiques estructurales [5]

3.2.2 Aplicación de morteros reforzados

Estos sistemas se aplican en obras donde se mantiene el sistema constructivo preexistente ya que en general no presenta lesiones mecánicas graves o bien ellas son reparables, por lo tanto los elementos aplicados buscan reforzar aumentando la capacidad resistente de los muros bajo los principios de la mínima intervención y de reversibilidad de las actuaciones. En estos casos se debe retirar totalmente el revoque de barro existente (normalmente en malas condiciones) para ejecutar la instalación del sistema de refuerzo y luego reincorporar el nuevo revoque como terminación.

a) Refuerzo con malla electrosoldada

El refuerzo de muros con mallas electrosoldadas (cuadrícula de 10x10 cm, e=4,2mm) se aplica usualmente para colaborar en la resistencia frente a las tracciones producidas por empujes horizontales sobre las albañilerías de adobe. Otra de las funciones por las cuales se colocan las mallas es para contener los adobes frente a posibles desprendimientos de piezas o desmoronamientos parciales de muros. (Fig.6)

Las mallas se colocan siempre recubriendo ambas caras de los muros y se amarran entre ellas a través del muro mediante barras de acero que se doblan en los extremos atrapando la malla que posteriormente será revocada con mortero de tierra, para lograr el amarre se debe perforar el muro con taladro y brocas especiales ya que deben traspasar más de 60 cm. En los vanos de puertas y ventanas la malla se cruza de modo que la zona que normalmente es más vulnerable a las deformaciones y distorsiones angulares queda con un mayor refuerzo y confinamiento. En algunos casos a la malla se le aplica un antioxidante, en otros se aplica pintura a la cal y en otros, pintura asfáltica para lograr una mayor adherencia con el mortero de barro del recubrimiento. La idea en estos casos es que la malla quede cubierta y protegida.



Figura 6- Aplicación de malla electrosoldada en recuperación de viviendas [6]

El uso de malla metálica lleva unas décadas de aplicación (la malla de gallinero es la usada con mayor frecuencia), usualmente se aplicaba con morteros de cemento, sin embargo en el terremoto



del 2010 se demostró que las cargas por los espesores fueron excesivas e ineficientes y por ello colapsaron en muchas viviendas, especialmente en recubrimientos de tabiques. Actualmente, se suele usar revoques de tierra, de modo que sean más compatibles con la materialidad de base del muro, sin embargo se cuestiona la compatibilidad del acero de la malla con las arcillas de los revoques que puede incidir en el proceso corrosivo del metal y posterior pérdida de la capacidad resistente.

b) Refuerzo con geomalla

El refuerzo de muros perimetrales mediante la utilización de geomallas se propone cuando la albañilería de adobes es mecánicamente insuficiente para tomar los esfuerzos de tracción requeridos por las solicitaciones sísmicas. Esta acción de intervención busca asegurar la integridad física de los muros frente a futuros sismos de gran magnitud, aprovechando el buen funcionamiento de los muros en la transmisión de cargas estáticas y principalmente de aquellos que cuentan con piezas de madera u otros elementos que les han permitido mantenerse en pie frente a anteriores sismos. (Fig.7)

La utilización de la geomalla asegura la contención de la albañilería de adobes ya que su retícula (existen de dimensiones variables), siempre es de menor separación que la malla electrosoldada por lo tanto, su capacidad de confinar es superior evitando desprendimientos no deseados.

La geomalla se instala en el caso de los muros reconstruidos inserta a nivel de sobrecimiento. La malla cruza la base del muro, quedando dispuesta para luego envolver todo el muro por su cara interior y exterior, cruzando sobre la viga de remate o solera superior y fijándose a ésta. Las mallas se conectan amarradas por rafias o pita de nylon distanciadas cada 30cm o 50 cm a lo ancho del muro. En los muros conservados, la malla se instala de igual manera. Para conectar las caras interior y exterior con los cabos de nylon, se debe perforar el muro con taladro. Para fijar la malla a nivel de cimientos existentes, se genera un anclaje con piedras y mortero a la cal, al que irán fijados ambos extremos de la malla o bien se generan unos ganchos de anclaje mediante perforaciones en los cimientos, a los cuales se engancha la malla, de modo que trabaje a tracción desde la fijación a la base del muro.

En zona de vanos, al igual que el caso anterior, se debe realizar el retorno con el cruce de la malla proveniente de ambas caras del muro, de este modo se asegura la estabilidad e indeformabilidad de estas zonas vulnerables.



Figura 7 – Refuerzo con geomalla en recuperación de monumentos [5]

La geomalla no necesita aplicaciones especiales para la aplicación del revoque, en los casos estudiados se aplica directamente el revoque sobre ella sin indicaciones especiales, lográndose una buena adherencia. Al estar constituidas por polímeros su durabilidad es muy alta y no



presenta degradaciones en contacto con las arcillas de los adobes o revoques, por lo tanto se considera altamente compatible con el material de origen.

3.2.3 Consolidación con exoesqueleto de madera

El uso de exoesqueletos de madera es menos frecuente que el uso de los sistemas de refuerzos mencionados anteriormente, en este caso al aplicarlo se busca consolidar zonas que se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento mecánico, sin lesiones evidentes, pero que pueden ser vulnerables frente a sismos de mayor intensidad. En este caso al igual que los anteriores se aplican los criterios de mínima intervención y de reversibilidad de las actuaciones, es por ello que se propone de aplicación parcial en los paramentos. Se plantea el sistema principalmente para consolidar el coronamiento superior de los muros y en zonas en torno a vanos, ya que son estas zonas las que se agrietan primero y por donde comienza el desprendimiento de los muros, quedando su rigidez en función de los amarres de la estructura de techumbre. (Fig.8)

La ejecución del sistema se lleva a cabo mediante una retícula de madera dispuestas a distanciadas relativas entre 50cm y 100cm, dependiendo de las distancias entre vanos o muros de apoyo. Se propone la utilización de maderas nativas como por ejemplo de roble, instaladas por ambas caras de los muros, y conectadas entre sí mediante pasadores metálicos galvanizados. Para no aumentar tanto la sección de los muros se deben hacer rebajes en los muros para insertar al menos las piezas que van en uno de los sentidos y la otra queda de soporte de los revoques de tierra.

En el uso del exoesqueleto se espera que las piezas de madera puedan quedar de tope con piezas existentes en los muros de modo que se fijen mediante clavos o tornillos, así se puede asegurar el trabajo conjunto entre la nueva estructura propuesta y la existente.

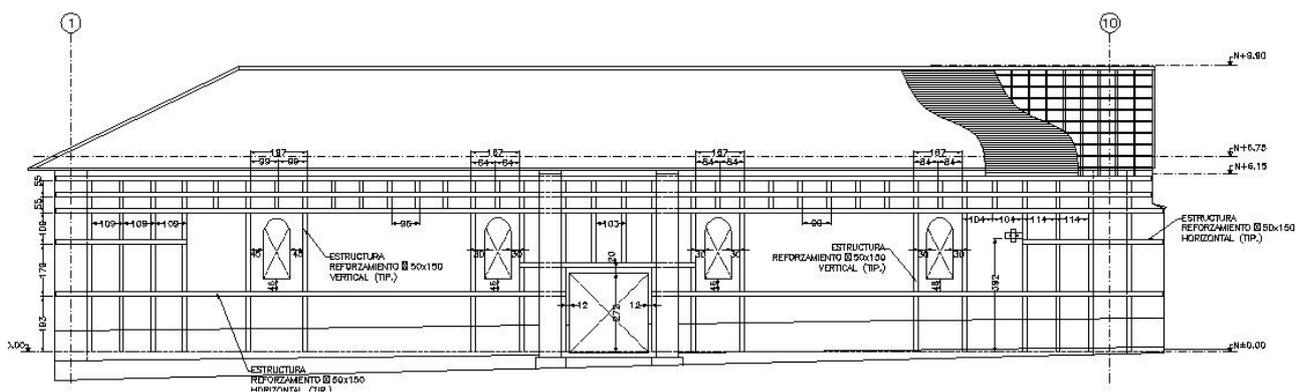


Figura 8 – Consolidación con exoesqueleto de madera. [4]

4. RESULTADOS

Si bien la identificación de las técnicas de intervención realizadas en los proyectos de recuperación del patrimonio construido en tierra era uno de los objetivos primordiales del estudio, una vez identificadas las técnicas, se plantea el segundo objetivo en relación al análisis comparativo de los costos o inversiones realizadas en las obras en relación a las técnicas intervención ejecutadas. En este proceso, nos encontramos con dificultades para establecer un valor comparativo que sea real para un análisis más concluyente, ya que no se ha podido contar con presupuestos detallados de cada caso de estudio, sólo se ha contado en esta etapa con inversiones totales. Las dificultades de comparación se dan por la diversidad de actuaciones que se desarrolla en cada proyecto más allá del tipo de recuperación estructural. Si los valores de



presupuesto total fuesen variables en relación a la superficie y la técnica de intervención se habría podido realizar el estudio, sin embargo se han encontrado algunos casos en que sólo se interviene la obra arquitectónica existente, y en otros en cambio, los valores totales incluyen obras nuevas o intervenciones paisajísticas en grandes zonas con parques o restauración artística de elementos decorativos. Para un estudio más detallado se debería contar con los presupuestos oficiales de modo que se pueda desglosar los ítems asignados a recuperación estructural. Esta es una investigación por desarrollar.

No obstante, es evidente la diferencia de valores entre las inversiones realizadas por el gobierno chileno en el “Programa de Puesta en Valor del Patrimonio” proyectos de restauración diseñados y ejecutados en obras con declaratoria de Monumento Nacional (principalmente religioso), en que los presupuestos totales fluctúan entre 450 y 1.100 millones de pesos chilenos (entre USD \$1.100.0000 y \$ 2.200.000) valores específicos en proyectos de recuperación de patrimonio en tierra y el “Plan de Reconstrucción Patrimonial” contemplado para la recuperación post- terremoto de viviendas en zona patrimonial en el cual el gobierno entrega a cada familia 5,5 millones de pesos chilenos (USD \$ 10.912) para recuperar estructuralmente sus viviendas. Evidentemente el financiamiento de este dinero se gestiona a través de las EGIS (Entidades de Gestión Inmobiliaria y Social) que como empresas propiamente tal, esperan tener ganancias [6], por lo tanto muchas veces los recursos no alcanzan para hacer las inversiones que realmente requieren las viviendas, sólo se hacen reparaciones, o consolidaciones estructurales básicas o parciales, muchas veces sin siquiera poder hacer las terminaciones correspondientes.

En el caso de las obras de restauración del “Programa de Puesta en Valor del Patrimonio”, se encuentran proyectos diseñados en toda la gama de técnicas presentadas anteriormente ya que el presupuesto nace de los requerimientos de la obra y de las técnicas propuestas, en este caso el presupuesto no es condicionante de diseño de la técnica de intervención. No así en el caso de las viviendas sujetas a un presupuesto básico de reconstrucción, en estos casos lo más frecuente es encontrar los refuerzos de los muros de adobe en base a malla metálica electrosoldada ya que su valor comercial es relativamente bajo, más aún comparado con el de la geomalla, sin embargo nos hemos encontrados en algunos casos que sólo se ha reparado parte de la vivienda ya que sin el aporte de recursos familiares no es posible llegar a intervenir toda la vivienda, esto es muy común en zonas rurales.

Un caso singular es el pueblo de Vichuquen, en la zona central del país, en donde se ha realizado un trabajo conjunto en donde la recuperación de las viviendas post-terremoto se ha llevado a cabo con recursos del Programa de Reconstrucción Patrimonial y con aportes privados de una empresa minera, con asesoría internacional, por lo tanto, el proceso ha sido más rápido y se ha podido desarrollar en etapas según la urgencia de las obras y con ello se está recuperando casi todo el centro del pequeño poblado. En este caso del mismo modo que en las otras viviendas la técnica que se ha aplicado es el refuerzo con malla de acero electrosoldada, por lo tanto se entiende que esta es una modalidad de intervención a escala y presupuesto de la arquitectura residencial no monumental.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos del estudio se puede concluir que la relación entre los diversos métodos de intervención y la categoría de la obra en función de los recursos económicos asignados, tanto desde el sector público como de los privados, demuestran que aquellas intervenciones que responden a criterios académicamente más apropiados en cuanto a compatibilidad material y capacidad resistente, en general se aplican a obras de mayor valoración histórica y cuentan con significativos recursos para su ejecución. En cambio, aquellas obras que son de menor alcance no siempre se ven beneficiadas por intervenciones con materiales adecuados ya que los recursos



son más limitados, no obstante, de igual modo se intervienen intentando salvaguardar un patrimonio familiar.

Por otra parte, vemos que existe una diversidad de técnicas de intervención que responden por una parte a las diferentes problemáticas que presentan los casos, como por ejemplo su estado de conservación o diseño arquitectónico original y que por otra parte intentan responder a una normativa inexistente, pero que obligados por la ordenanza, los ingenieros buscan ingeniosamente fundamentar sus propuestas a la sombra de una norma de diseño sísmico que está creada para proyectos de obra nueva. Norma que además, luego del terremoto, ha endurecido las exigencias en cuanto a los estudios de mecánica de suelo.

Si se observa las técnicas propuestas en estos proyectos, podemos ver que muchos de ellos se basan o inspiran en normas, manuales o documentos relacionados a la intervención o construcción en tierra de origen extranjero, principalmente peruanos o colombianos, como una manera de aplicar los estudios que en otros países han sido estudiados, sin embargo, esto implica cierto riesgo ya que las condiciones locales y tipologías constructivas no son las mismas, por lo tanto no se puede asegurar con ello que sean infalibles.

Las técnicas de intervención presentadas en este estudio u otras que sean diseñadas, seguirán siendo factibles mientras no se decreta vigente la norma que se encuentra en “proceso de aprobación” desde hace algunos años, o bien dichas intervenciones sean probadas y evaluadas empíricamente frente a las acciones de un nuevo terremoto.

6. REFERENCIAS

- [1] Guerra, F.(2010), “Restauración de la Iglesia Santa Ines de La Serena”. *Revista AUS (Valdivia)*, No.8, p.24-27. ISSN 0718-7262.
- [2] Araya, R. Et alt.(2009), “Población la Unión”. *Revista Ca.* No.142, p.54-63.
- [3] Norma Chilena. (1996). “*NCh.433.Diseño Sísmico de Edificios*”
- [4] Valdivia, S. (2011) “Proyecto de Restauración de la Parroquia del Sagrado Corazón de Jesús de Gualleco”, MOP.
- [5] “Licitación Proyecto de Restauración de Casa de Pedro Aguirre Cerda”, (2012) Los Andes. MOP
- [6] <http://www.verdeazul.cl>
- [7] Torres, C. Valdivia, S. (2012) “Templos con pies de barro”. *Revista AS (U. Bio-Bio)*. Julio 2012, No. 41, p.54-67. ISSN 0716-2677
- [8] <http://donaciones.hacienda.cl/portafolio-de-proyectos/restauracion-casa-parroquial-de.html>
- [9] <http://www.subdere.gov.cl/licitaciones-concursos/licitaciones-programas>