# Intervenciones estructurales en la Basílica de la Recoleta Dominica en Santiago de Chile. Una revisión histórica y crítica<sup>1,2</sup>

Structural interventions in the basilica of the recoleta dominica in santiago de Chile. A historic and critical review

 Marco Barrientos
 Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago de Chile.
 marco.barrientos.m@usach.cl
 https://orcid.org/0000-0003-0653-3142

Nuria Chiara Palazzi
 Facultad de Arquitectura, Arte, Diseño y
 Comunicaciones, Universidad Andrés Bello.
 nuria.palazzi@unab.cl
 https://orcid.org/0000-0002-0949-5076

· Rolando Alvarado

Departamento de Ingeniería Estructural y
Geotécnica, Pontificia Universidad Católica
de Chile.
rjalvarado@uc.cl
https://orcid.org/0009-0002-8096-1380

Cristián Sandoval
 Departamento de Ingeniería Estructural
 y Geotécnica, Pontificia Universidad
 Católica de Chile.
 csandoval@ing.puc.cl
 https://orcid.org/0000-0002-3639-5126

- 1 Recibido: 7 de marzo de 2022. Aceptado: 15 de noviembre de 2023
- 2 Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). Proyecto Fondecyt Posdoctorado N°3201075 "Reparación y refuerzo sísmico de iglesias históricas de albañilería simple. Análisis crítico de intervenciones realizadas en Chile y evaluación cualitativa de su desempeño en terremotos recientes (1985-2015).

Cómo citar este artículo: Barrientos, M., Palazzi, N., Alvarado, R. y Sandoval, C. (2024). Intervenciones estructurales en la Basílica de la Recoleta Dominica en Santiago de Chile. Una revisión histórica y crítica. *Revista 180*, (53), (páginas 36-61). http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-53.(2024).art-1084

DOI: http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-53.(2024).art-1084

### Resumen

Por su naturaleza constructiva y material, las iglesias históricas de mampostería y albañilería simple son altamente vulnerables a la acción sísmica. En Chile, parte de las mermas irreversibles en el patrimonio construido se explican por esta causa. Debido a ello, en ciertos casos se han introducido refuerzos estructurales de hormigón armado como recurso de consolidación y refuerzo sísmico. En este contexto, el trabajo examina el caso de la Basílica de la Recoleta Dominica en Santiago de Chile, como obra destacada por sus atributos históricos, arquitectónicos, constructivos y estructurales, y que, en décadas recientes, ha exhibido un desempeño sismorresistente satisfactorio, lo que quedó particularmente a la vista luego de los terremotos de 1985 y 2010. Se plantea que parte de su buen desempeño estructural se debe a una consolidación estructural en hormigón armado (ejecutada entre 1927 y 1929c) a consecuencia del terremoto del 14 de abril de 1927, la que, en complemento a otras dos intervenciones locales de refuerzo ejecutadas en 1981-1982 y 2000-2004, han contribuido a evitar daños mayores o colapsos en su estructura. El trabajo releva particularmente el impacto del proyecto de 1927 debido a su carácter innovador para la época, y por sentar un criterio de refuerzo estructural eficiente, acorde a la naturaleza de la obra en un período histórico. Estudios en esta línea pueden contribuir a comprender los alcances implícitos en provectos de consolidación estructural, su impacto en la obra arquitectónica, sus aportes en términos de capacidad sísmica y la preservación de sus atributos patrimoniales en el tiempo.

Palabras clave Albañilería simple, iglesias históricas, refuerzos de hormigón armado, resistencia sísmica

**Abstract** 

Unreinforced masonry (URM) historic churches are highly seismic vulnerable buildings due to its structural and material features. This condition partially explains the irreversible cultural heritage loss in Chile. After earthquakes, many URM churches have been strengthened with reinforced concrete (RC) elements as a seismic proof strategy. In this context, this paper aims to examine the Recoleta Dominica basilica, as a prominent building with architectural, historical, and constructive attributes with efficient seismic performance along years as well, as reported after the 1985 and 2010 megathrust earthquakes. Its seismic performance can be explained by the RC strengthening elements added after the 1927 earthquake, and later 1981-1982 and 2000 structural interventions, avoiding local collapses as serving its conservation. The paper concludes by highlighting the 1927 RC project impact, its early technique reflected on its structural design criteria and following the original building nature. Some other studies in this research line may contribute to a better understanding of the inherited scopes involved in any structural RC project, its impact on the architectural features, the seismic-resistant improvements, and its cultural preservation.

Keywords

Unreinforced masonry buildings, historic churches, reinforced concrete systems, earthquake resistance

## INTRODUCCIÓN

La alta sismicidad de Chile ha impactado de manera significativa al patrimonio cultural y, especialmente, al construido, lo que ha conducido a importantes pérdidas culturales, sociales y económicas. A modo de ejemplo, el terremoto de Maule de 2010 (8.8Mw) afectó al 52 % de los monumentos históricos y zonas típicas localizados entre las regiones V y VIII, y Metropolitana. De ellos, 30 monumentos históricos presentaron daños de consideración, de los cuales 18 corresponden a iglesias y conventos (M. Sánchez, comunicación personal, 11 de junio de 2019). A nivel general, Nelsen (2010) estableció que el 75 % de iglesias históricas emplazadas en la zona central<sup>3</sup> del país sufrieron algún grado de daño. El impacto de los terremotos en este tipo de edificios, particularmente en los de albañilería simple de ladrillo de arcilla cocida (en adelante albañilería), se explica por la intrínseca vulnerabilidad sísmica asociada a su naturaleza estructural. constructiva v material (Brandonisio et al., 2013: D'Avala, 1999, 2000: Lourenço et al., 2013). Además, dependiendo de las características del sismo v del edificio, son construcciones propensas a sufrir colapsos -parciales o totales— de uno o más macroelementos4 (Lagomarsino & Podestà. 2004). Al respecto, numerosas evaluaciones de daño posterremoto destacan que la respuesta estructural de las iglesias de albañilería exhibe ciertos patrones recurrentes. Es así como la norma italiana para la evaluación v reducción del riesgo sísmico en el patrimonio construido (DPCM 9/2/2011) provee un ábaco de 28 posibles mecanismos de colapso característicos identificados en iglesias históricas de albañilería, asociados principalmente a daños observados en macroelementos como ábside, muros laterales, transepto, crucero, torres, entre otros (Lagomarsino & Podestà, 2004). De los 28 mecanismos sugeridos, solo 22 aplican en el contexto chileno debido a la ausencia de soluciones constructivas como bóvedas o cúpulas de piedra o albañilería, entre otras (Palazzi, Favier et al., 2020). Asumiendo la alta sismicidad presente en Chile como hecho irreductible, por un lado. y la vulnerabilidad sísmica propia de las iglesias de albañilería simple, por otro; y en conjunto con las endémicas mermas del patrimonio construido, surge la necesidad de llevar adelante estudios que incorporen la dimensión histórica, arquitectónica y estructural y que permitan una comprensión integral de las problemáticas en torno al patrimonio religioso construido y los terremotos.

- **3** Comprende las regiones R. M., V, VI y VII.
- <u>4</u> Por macroelemento se entiende una parte de la iglesia que puede o no coincidir con un elemento arquitectónico de la construcción, tales como, fachada principal, muros laterales, tímpano, ábside, capillas, entre otros, que presenta un comportamiento sísmico prácticamente independiente del resto de la estructura o de otras porciones de la estructura.

## CONVENCIONES INTERNACIONALES, CRITERIOS Y REGULACIÓN LOCAL EN TORNO A LA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DEL PATRIMONIO CONSTRUIDO

Las cartas internacionales sobre protección del patrimonio cultural han establecido marcos conceptuales, definiciones metodológicas y criterios de intervención, entre otros. Dependiendo del contexto histórico de cada período, tales intervenciones y formas de valoración pueden variar tanto, de modo que "el patrimonio [cultural] no puede ser definido de un modo unívoco y estable" (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios [ICOMOS], 2000, p. 1), sino así procesos dinámicos, críticos y sujetos de revisión y ajustes.

Ello ocurre respecto de los criterios de refuerzo y las posturas relativas al empleo del hormigón armado. Por ejemplo, la carta de Atenas (1931) promovía "el empleo juicioso de todos los recursos de la técnica moderna, muy especialmente del concreto armado" (ICOMOS, 1931, art. 5) para obras de consolidación estructural de edificios históricos, en parte validada en la práctica y legitimada en el campo teórico, a partir de los conceptos de conservación y reconocimiento —o distinción de intervenciones— (Calderini, 2008). Asimismo, la declaración de 1964 añadió indicaciones destacando que:

Cuando las técnicas tradicionales se muestran inadecuadas, la consolidación de un monumento puede ser asegurada valiéndose de todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia (ICOMOS, 1964, art. 10).

A su vez, la declaración de ICOMOS-ISCARSAH (2005) ha impulsado la consideración de principios como reversibilidad, compatibilidad y respeto de las técnicas y valores históricos presentes en el edificio, anteponiendo "el nivel mínimo de intervención que garantice la seguridad y durabilidad causando el menor perjuicio posible a los valores patrimoniales" (ICOMOS, ISCARSAH, 2005, p. 7). Más recientemente, Roca Fabregat (2021) ha propuesto la sustitución del concepto de reversibilidad por el concepto de removilidad. Este último implica que el desmantelamiento de la intervención solo generará un deterioro limitado y reparable sobre la construcción original. En consecuencia, resulta importante tener a la vista la evolución de enfoques y criterios en el tiempo al momento de analizar una determinada intervención arquitectónico-estructural, para que, a partir del reconocimiento y evaluación crítica de las intervenciones presentes en su fábrica, sea posible establecer el impacto en la obra y sus atributos patrimoniales. Las normas y prácticas locales son también un factor importante que, en ciertos casos, pueden incluso ser determinantes. Chile cuenta solo

desde el año 2020 con una norma que regula este tipo de intervenciones: NCh 3389 "Intervención en Construcciones Patrimoniales y Edificaciones Existentes. Requisitos del Proyecto Estructural" (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2020). Ello supone un avance en la medida en que atiende un vacío legal extendido desde comienzos del siglo XX. A pesar de su contribución, se trata de un cuerpo regulatorio que ha tenido escasa implementación y, por tanto, aún no es posible evaluar sus alcances y aplicabilidad en el contexto sísmico chileno, donde las observaciones y análisis posterremoto han sido instancias fundamentales en la revisión crítica de normas y los métodos de cálculo estructural a lo largo de la historia. Sin embargo, tal vacío normativo no impidió la materialización de obras de refuerzo estructural en iglesias de albañilería en el pasado, las que han exhibido dispares resultados, con desempeños sismorresistentes relativamente eficientes o, paradojalmente, con desempeños deficientes que han dañado aún más la obra.

## **VULNERABILIDAD SÍSMICA DE IGLESIAS HISTÓRICAS EN CHILE**

Los trabajos locales que han abordado problemáticas son aún escasos, considerando el impacto que los sismos han causado en el patrimonio construido. Desde una escala urbano-territorial, Palazzi, Rovero et al. (2020) examinaron un total de 106 iglesias —de albañilería y adobe emplazadas entre las regiones Metropolitana y de O´Higgins, en que se determinó el nivel de daño posterior al terremoto de 2010, considerando rasgos arquitectónicos, constructivos y materiales, y los estilos arquitectónicos predominantes. La investigación estableció que el 66 % de las iglesias analizadas presentó daños severos, constató la heterogeneidad de los casos en términos arquitectónicos, constructivos y geométricos, y definió parámetros empíricos de fragilidad sísmica aplicables a las diversas tipologías arquitectónicas. Otros trabajos han examinado casos en las ciudades de Santiago y Valparaíso. Jorquera et al. (2017) analizaron el caso de la Iglesia de San Francisco (Santiago) e identificaron los macroelementos más propensos al colapso por activación de los principales mecanismos ante eventuales escenarios sísmicos. Además, se identificaron refuerzos de hormigón armado —introducidos en 1988— en la mampostería de piedra de la nave central. En la Iglesia Santo Domingo (Santiago), parte de su buen desempeño sísmico se atribuye a la regularidad geométrica y constructiva con sillería de piedra. Asimismo, las torres de hormigón armado sobre la fachada principal han resultado ser elementos estructuralmente solidarios como amarre a la base (Jorquera et al. 2020). Respecto de la catedral de Santiago (de sillería de piedra y añadidos de albañilería de ladrillo, acero y hormigón —en los cupulines de la nave sur—), se han desarrollado estudios orientados a la simulación del desempeño estructural mediante modelos

calibrados con mediciones experimentales de período (Torres et al., 2017) y análisis de fragilidad sísmica, cuyos resultados mostraron buena correspondencia con los daños observados luego del terremoto de 2010 (Torres et al., 2018).

Por otro lado, el estudio de Indirli y Sotero Apablaza (2010) determinó el grado de vulnerabilidad en las iglesias de La Matriz, San Francisco y Las Hermanas de la Divina Providencia, todas emplazadas en Valparaíso, a partir de lo cual se trazaron lineamientos para la elaboración de planes de mitigación del riesgo sísmico a escala urbana y edificatoria. Mientras que la Basílica de El Salvador (Santiago) fue objeto de una propuesta orientada a mejorar su desempeño sísmico con base en la instalación de aisladores a nivel de fundaciones (Rendel et al., 2014), lo que podría sentar un precedente de una técnica de intervención inédita en Chile.

Si los estudios en torno a la vulnerabilidad sísmica de iglesias históricas en Chile son escasos, lo son aún más aquellos centrados en el estudio de los refuerzos de hormigón armado introducidos en fábricas de albañilería como estrategia de consolidación. Esta técnica, a pesar de ser una forma de intervención medianamente extendida en el país, carece en muchos casos de consideraciones respecto de la integridad histórica y patrimonial de la obra intervenida, como se pudo observar después del terremoto de 2010 (D'Ayala & Benzoni, 2012). De ahí la necesidad de analizar críticamente este tipo de obras de consolidación.

Así, este trabaio examina la basílica de la Recoleta Dominica considerando su relevancia histórica, arquitectónica, estructural, cultural y artística, que destaca por sus nexos directos "con la arquitectura romana del siglo XIX y adornado con lienzos pintados por artistas que formaban parte del círculo más estrecho del papa Pío IX" (Guzmán et al., 2021, p. 616). Es, además, una obra construida originalmente en albañilería simple de ladrillo —salvo la techumbre y cúpula de madera— y, por tanto, sísmicamente vulnerable. A pesar de su escala, envergadura y características constructivas y materiales, ha logrado resistir una serie de eventos sísmicos a lo largo de su historia, algunos de ellos de gran poder destructor. Su comportamiento sísmico satisfactorio se explica por una serie de intervenciones estructurales realizadas en tres períodos concretos: 1927 a 1930; 1981 a 1982; y entre el año 2000 y 2004. De todas estas intervenciones resalta la primera, pues sentó las bases de una estrategia de refuerzo basada en un sistema compuesto por pilares, machones y vigas de hormigón armado colocado alrededor o entre partes estructurales elementales que han contribuido de manera efectiva en su desempeño sísmico.

A modo de hipótesis se plantea que, a pesar de las grietas, fisuras y daños en la ornamentación presentes en la actualidad, la obra ha logrado resistir una serie de grandes terremotos —varios de ellos de 7.0Mw o más— debido en parte al sistema de refuerzo de vigas y columnas de hormigón armado adicionado a la fábrica de ladrillo original luego de los daños ocasionados por el terremoto del 14 de abril de 1927. Desde entonces, dicho sistema de refuerzo ha contribuido a evitar daños severos o colapso —parcial o total esperable para este tipo de construcciones. Al mismo tiempo, la inserción de estos elementos significó también un impacto en los atributos históricos, arquitectónicos y materiales, debido a la envergadura de la obra y a la técnica consolidación con elementos de hormigón embebidos en la albañilería. Se propone que dicho sistema en hormigón armado actúa fundamentalmente a modo de confinamiento de los muros de albañilería mediante un sistema continuo de marcos que bordea y contiene los principales elementos estructurales, todo lo cual ha impedido la activación de mecanismos de colapso en los principales macroelementos de la iglesia, como nártex, coro, transepto y muros laterales. La lógica de la estructuración subvacente en esta intervención representa también un adelanto técnico y tecnológico para la primera mitad del siglo XX, en que el uso de hormigón armado no era aún un recurso técnico extendido en el país, ni menos, en obras de reparación y consolidación de iglesias y edificios históricos en general. La trayectoria histórica del templo y su evidente capacidad sísmica, dan pie para sostener que los criterios de estructuración agregados han logrado preservar esta obra, sin los cuales probablemente, estaría en estado de deterioro importante, como tantas otras iglesias en su tipo en el país.

#### TRAYECTORIA HISTÓRICA DE LA BASÍLICA RECOLETA DOMINICA

La iglesia y exconvento de la Recoleta Dominica (Monumento Histórico desde 1974) se emplazan en la ribera norte del río Mapocho, actual comuna de Recoleta (Figura 1). Junto a su antiguo convento, representa una pieza urbana fundacional de la zona norte de Santiago, de carácter religioso, cultural y educacional<sup>5</sup>, aspectos característicos de la Orden de Predicadores, propietaria y fundadora del conjunto. Desde una perspectiva material, sus atributos cruzan la dimensión histórica, arquitectónica y artística (Decreto N.º 10, 1974). Este trabajo pone atención de manera específica en los atributos históricos y arquitectónicos, pero también en los estructurales, constructivos y técnicos identificados en este estudio, cuyo conjunto converge en las tensiones entre relativas a vulnerabilidad y resistencia sísmica, y su relación con su desempeño sísmico a través del tiempo.



Nota. De izquierda a derecha: captura satelital del área Metropolitana de Santiago de Chile; detalle sector comuna de Recoleta y ubicación basílica de la Recoleta Dominica. Google Earth. (s. f.). [Área Metropolitana Santiago de Chile]. Recuperado el 03 de marzo de 2022.





Conjunto basilica de la



Basílica de la Recoleta Dominica

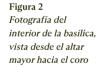
## De su fábrica

Arquitectónicamente, la Iglesia Recoleta Dominica, construida entre 1853 y 1882 (Templo de la Dominica, 1882) es un templo de tipo basilical de tres naves, con transepto y crucero coronado por una cúpula —de estructura liviana de madera— y un altar mayor que intercede los accesos a la sacristía y sala capitular respectivamente. La nave central está conformada por un sistema par de arquerías de albañilería que descansan en columnas de orden corintio de mármol de Carrara (Figura 2), similares a las que anteceden el acceso en forma de nártex, mientras que el coro está soportado por cuatro columnas del mismo mármol, pero de menor altura y de orden jónico. La Figura 3 muestra una de las primeras imágenes disponibles de la basílica más próxima al período de su conclusión parcial.

El origen del proyecto es consecuencia del encargo previo enviado a Roma para el diseño de un altar destinado a la antigua iglesia —hoy desaparecida— y que recayó en manos del arquitecto italiano Eusebio Chelli, discípulo de Luigi Poletti. En 1853 se optó por colocar dicho altar en un nuevo templo, para lo cual se encomendó el arribo de Chelli al país ese mismo año, "con el fin de confeccionar (...) [y] construir una iglesia en conformidad con la hermosura del altar" (Ramírez, 1976, p. 42). Su diseño y tipo basilical, las técnicas empleadas en su construcción y el lenguaje arquitectónico impreso en la obra, obedecen a la formación de Chelli en la Academia de San Lucas y "las orientaciones y prácticas de la arquitectura romana de mediados de la centuria" (Guzmán et al., 2021, p. 601). En un contexto más amplio, se encuadra también en un período en Chile marcado por el "desarrollo de

<sup>5</sup> En parte de lo que es el antiguo convento, se alojan actualmente el Museo Histórico Dominico, el Centro Patrimonial Recoleta Dominica y el Centro Nacional de Conservación y Restauración.





**Nota.** © Fotografía Marco Barrientos, enero 2020.

la arquitectura y urbanismo (...) [y] la presencia de profesionales extranjeros" (Pérez, 2016, p. 30), y el impulso en la erección de una serie de obras edilicias y de infraestructura, muchas de ellas relacionadas con el centenario de la República.

Durante la construcción de la basílica estuvieron a su cargo tres arquitectos (Díaz, 1959). El italiano Eusebio Chelli, Carlos Hecht, de origen alemán, y el arquitecto chileno Manuel Aldunate. Las fuentes que han examinado este caso (Díaz, 1959; Ramírez, 1976; Sepúlveda, 2001), no despejan con nitidez los alcances proyectuales que cada uno de ellos imprimió al templo. A Chelli se le atribuye el diseño y dirección de la obra en sus inicios, mientras que a Hecht les correspondió su prosecución por un período aún no precisado. Se sabe, en cambio, que Aldunate asumió su dirección en 1862 por al menos veinte años (Templo de la Dominica, 1882)<sup>6</sup>. Para su inauguración en 1882, faltaba aún por concluir diversas partidas, como pavimentos, altares,

**6** El mismo periódico señala que para 1882 las obras estaban aún inconclusas restando aún el reemplazo del pavimento provisorio de ladrillo por mosaicos de madera, o la instalación de los altares laterales del transepto, y agrega: "La primera piedra fue colocada por el Iltmo. Arzobispo señor Valdivieso, el 25 de noviembre de 1853" (s. p.).

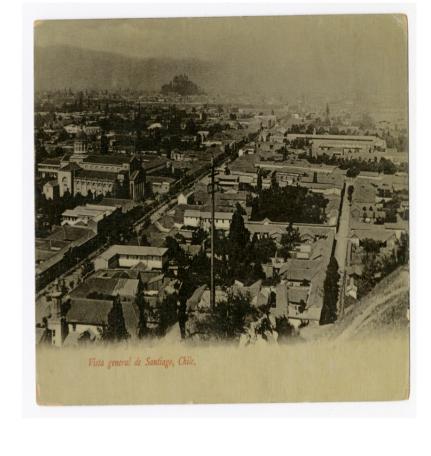


Figura 3 Vista desde el cerro Blanco hacia el suroriente de Santiago, 1909-1919

Nota. A la izquierda se observa la Basílica de la Recoleta Dominica. Eggers y Cía. Archivo Fotográfico. alhajas interiores y elementos arquitectónicos de mayor envergadura, como las torres (Díaz, 1959). Aunque algunas de estas fueron posteriormente finalizadas—entre otras, el embaldosado de las tres naves, transepto y altar mayor—, otras quedaron inconclusas: los acabados exteriores de los muros perimetrales, la coronación con esculturas sobre las cornisas de las fachadas laterales y las propias torres. Un plano inédito firmado por Hecht y fechado en 1876 representa una idea aproximada de las terminaciones proyectadas en parte de la basílica, con sus torres y fachadas acabadas. Considerando la sucesión cronológica de arquitectos a cargo de la obra, es probable que Hecht haya recogido los trazos de su antecesor introduciendo solo pequeños ajustes. En cuanto a Aldunate, en cambio, se conservan plantas y cortes parciales de un proyecto de torre tipo con rasgos similares a las anteriores.

Como se observa en la Figura 5, la planta del templo está dispuesta longitudinalmente de oriente a poniente y mide (a eje) 79,20 m de largo y 37,00 m de ancho en la parte central, con máximos de 44,50 m y 60,50 m de ancho en el transepto y sacristía con sala capitular respectivamente; mientras que la altura de la nave central alcanza los 18,60 m y 11,50 m las

44

ISSN

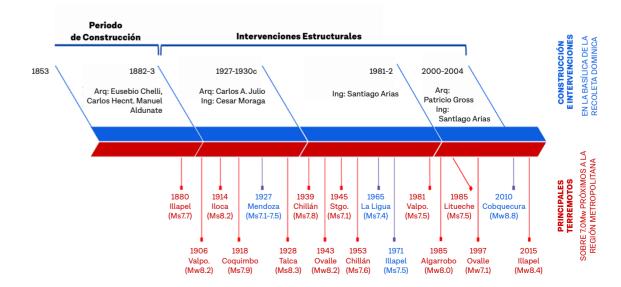
Figura 5 Línea de tiempo de la basílica: intervenciones estructurales y eventos sísmicos

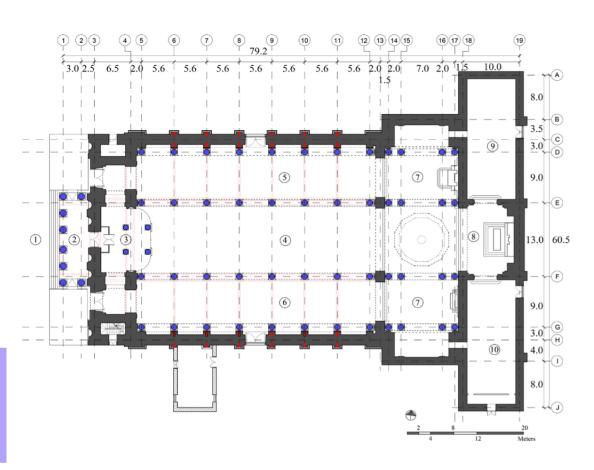
Nota. Línea de tiempo que muestra los sismos mayores que ha soportado la Basílica de la Recoleta Domínica y los períodos en que las intervenciones estructurales han sido llevadas a cabo.

laterales. Su configuración geométrica, aunque levemente asimétrica, se desarrolla sobre una base compositiva rigurosamente regular, conformada por intercolumnios coronados por lunetos dispuestos sobre los muros perimetrales norte y sur, y elevados en los muros superiores de la nave central. Tanto la cubierta como la cúpula tienen estructura, cielos y terminaciones de madera. Esta última, alcanza una altura libre interior cercana a los 36 m. Su diseño se atribuye a Aldunate, su confección al artista chileno José Miguel Basulto, y los decorados a los hermanos Carlucci (Ramírez, 1976). Salvo las columnas de mármol de Carrara que presiden el nártex, el coro y la nave central. el resto de la estructura del edificio es una sólida y robusta fábrica de albañilería con espesores de muro que varían entre 1,35 m y 2,75 m. Como muchas otras iglesias de su tipo en Chile, semeja una gran caja estructurante de albañilería —en este caso intermediada por columnas pétreas— y amarrada con tirantes de madera que conforman la techumbre. Por tanto, desde un punto de vista sísmico, forma parte del repertorio de templos sísmicamente vulnerables y susceptibles de la activación potencial de algunos de los mecanismos de colapso identificados por Palazzi, Favier et al. (2020) para la zona central de Chile.

## Desempeño sísmico-histórico

Si la etapa de construcción de la basílica se desarrolló en un lapso aproximado de 30 años, las iniciativas de reparación estructural y restauración arquitectónica han abarcado un arco aproximado de siete décadas, todas ellas relacionadas con eventos sísmicos en un período cercano a los 140 años, desde su inauguración. En efecto, durante ese lapso se registran 17





### Leyenda:

- 1. Atrio
- 2. Nártex
- 3. Coro
- 4. Nave Central
- 5. Navle lateral norte
- Nave lateral sur
   Transepto
- 8. Altar Mayor
- 9. Sacristía
- 10. Sala Capitular



Figura 4

Planta de la Basílica Recoleta Dominica dibujada a
partir de levantamiento, enero de 2020

terremotos sobre los 7 grados de magnitud<sup>7</sup> con epicentro próximo al área metropolitana, sin considerar el terremoto de Mendoza de 1927 (7.1-7.5Ms), todos resumidos en la Figura 5. Evidentemente, no todos han ocasionado el mismo grado de daños en la basílica, aunque se han identificado hitos significativos, algunos del mayor interés y prácticamente desconocidos en el medio nacional, como se verá en el apartado siguiente. A continuación, se establecen tres etapas principales del edificio marcadas por eventos sísmicos importantes y proyectos de consolidación.

## Fase temprana (1852-1929)

Abarca los inicios de la construcción del templo, pasando por su inauguración, hasta 1929, punto de inflexión en la historia de su fábrica v su resistencia sísmica (Figura 5). No se ha hallado evidencia documental sobre los posibles efectos en la iglesia por los terremotos registrados durante las primeras décadas, como Illapel, 1880 (7.7Ms), Valparaíso, 1906 (8.2Mw), Talca, 1928 (8.3Ms) y Chillán, 1939 (7.6Ms). Respecto de estos dos últimos eventos, algunas fuentes señalan que en Santiago se registraron daños menores (Urrutia y Lanza, 1993), aunque no es posible descartar que la basílica en particular sufriese algún tipo de daño estructural o arquitectónico relativamente significativo. Sin embargo, un terremoto prácticamente omitido por la literatura especializada sentó un precedente crucial en la basílica. El 14 de abril de 1927 se registró un terremoto con epicentro en Uspallata (Mendoza), Argentina, Se trató de un terremoto de tipo intraplaça que afectó parte de Argentina y algunas ciudades en Chile, como Santiago y que tuvo una magnitud de onda superficial (Ms) entre 7.1 y 7.5 y una profundidad mayor a 60 km (Moreiras & Páez, 2014). En Chile se percibió entre Antofagasta y Valdivia, pero en Santiago tuvo mayores efectos, donde se contabilizaron 12 muertos, más de cien heridos y daños importantes en la edificación, particularmente en las comunas de Ouinta Normal y Recoleta (Urrutia y Lanza, 1993). Junto con la prensa británica y norteamericana que reportaron este evento, El Mercurio detalló que los templos seriamente afectados fueron la Basílica de la Recoleta Dominica y La Viñita, que quedaron en un "ruinoso estado (...) [debiendo ser ambas] clausuradas (...) [constatándose en] el primero de estos templos (...) un gran derrumbe y en el segundo (...) grietas peligrosas en todo el edificio. Además, el techo amenaza hundirse" (Proporciones y consecuencias del temblor de ayer, 1927, p. 3)8. No se ha hallado fuentes documentales que refieran los daños específicos y su gravedad en la basílica; en cambio, se cuenta con la aprobación del presupuesto firmado por el ingeniero César Moraga y el arquitecto Alberto

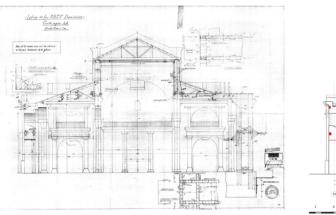
7 Para ver información histórica sobre terremotos revisar sismología.cl

**8** Llama la atención el impacto localizado en estas dos comunas de Santiago, siendo la de Recoleta precisamente la zona donde se emplaza el caso de estudio.

Julio "para reparar la iglesia (...) [debido a los] destrozos ocasionados por el terremoto del año 1927, en abril" (Ramírez, 1981, p. 87). Se estima que los trabajos se prolongaron desde 1928 hasta 1929 (Díaz, 1959). Es de suponer, por tanto, que la iglesia debió sufrir daños de cierta consideración en la medida en que motivaron una rápida reacción para su reparación a manos de los profesionales citados.

El provecto de refuerzo<sup>9</sup> (Figura 6) contempló la inserción de machones de hormigón armado en los muros exteriores y en las pilastras interiores en toda su altura, con fundaciones de 3,00 y 2,30 metros de profundidad respectivamente, en cada uno de los intercolumnios centrales por los muros laterales norte y sur. A nivel de cubierta, descansa sobre ellos una viga invertida exenta, es decir, que descansa solo en los puntos de apoyo en sus extremos y que, a su vez, intersecta con un sistema perpendicular de vigas longitudinales que avanzan paralelas a los muros de la nave central al interior del entretecho. Sobre el coro, también al interior del entretecho, se amarra todo el sistema de cadenas norte y sur con vigas perpendiculares. En el costado opuesto sobre el crucero, en cambio, este amarre se resuelve a través del tambor de la cúpula, estructurado en albañilería con refuerzos tipo pórticos de hormigón armado en todo el perímetro, sistema que conforma una estrategia de confinamiento. El nártex a la altura de su tímpano, en cambio, se vincula con las cadenas de hormigón mediante tirantes metálicos. Una parte importante del sistema reflejado en el provecto se puede contrastar en una inspección visual del templo, salvo los elementos completamente embebidos en la fábrica, como los machones interiores. A grandes rasgos, se trata entonces de una obra de refuerzo estructural basada en un sistema monolítico y de albañilería. Luego, cabe considerar que los daños ocasionados por el terremoto de 1927 pudieron haberse concentrado principalmente entre el coro y altar mayor, probablemente debido a que estos últimos contienen elementos murarios en dirección norte-sur, oponiendo así mayor resistencia que el punto medio longitudinal de las naves. Es importante destacar que, tanto el proyecto como la obra de refuerzo ejecutada por el ingeniero Moraga y el arquitecto Julio representan un adelanto significativo para el período, reflejado en un diseño estructural de vanguardia en un momento en que se contaba inicialmente con apenas algunas reglas básicas de cálculo fundadas en el método estático, anteriores al uso del método dinámico desde le década de 1940 (Flores, 1993). Constructivamente, es novedoso también en cuanto al empleo de hormigón armado como recurso técnico aplicado a obras de reparación y consolidación estructural en edificios históricos de albañilería,

**9** Si bien el juego de planos carece de viñeta con fecha de emisión y autoría, pero y dada la evidencia histórica —documental escrita y gráfica— que ha reunido este trabajo, se estima altamente probable que corresponda a la propuesta desarrollada por Moraga y Julio hacia 1927.



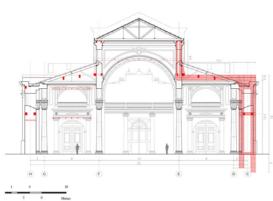


Figura 6 Proyecto de refuerzo estructural 1927c

Nota. Izquierda: reproducción digital plano de cálculo estructural provecto 1927c. corte transversal con refuerzos de hormigón proyectados, atribuido a César Moraga v Alberto Julio, 1927c, Plano Iglesia de los RR.PP. Dominicos. Corte según AA. (s. f.). Archivo Consejo de Monumentos Nacionales. Derecha: vectorización digital con base en el plano original. En rojo se grafican los elementos de hormigón armado.

en un contexto local en que el uso de hormigón armado era aún un recurso incipiente. La intervención de ambos profesionales fue también precursora, pues antecedió incluso a las primeras normas de regulación sismorresistente de la edificación a nivel nacional en Chile, como la Ley N.º 4.563 (1929) y la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización (1930) y oficializada en 1936 (Barrientos, 2017).

## Fase intermedia (1930-1982)

A partir de aquel primer refuerzo estructural de 1927-9, la etapa intermedia del templo estuvo marcada por siete grandes eventos sísmicos relativamente próximos a Santiago y el diseño de dos proyectos de refuerzo estructural, de los cuales solo se materializó uno de ellos. De alguna manera, estos eventos fueron una suerte de puesta a prueba sobre la efectividad de las primeras obras.

La serie sísmica corresponde a los sismos de Chillán, 1939 (7.8Ms), Ovalle, 1943 (8.2Mw), Santiago, 1945 (7.1Ms), Chillán, 1953 (7.6Ms); y Valparaíso, 1981 (7.5Ms). No hay a la fecha datos precisos de los daños que estos eventos pudieron ocasionar en Santiago. Se sabe, en cambio, que los terremotos de La Ligua, 1965 (7.4Ms) e Illapel, 1971 (7.5Ms) tuvieron un impacto mayor en la capital, pero limitado a desprendimientos de cornisas y elementos similares (Urrutia y Lanza, 1993). Igualmente, no ha sido posible determinar los daños que pudo haber sufrido la Basílica de la Recoleta Dominica durante este período, debido fundamentalmente a la carencia de evidencias. Con todo, es de suponer que hacia la década de 1940 presentaba daños

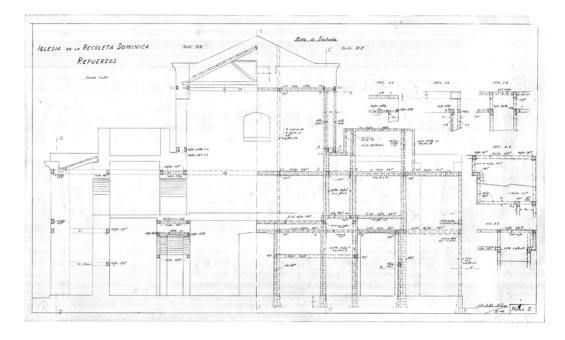


Figura 7
Plano corte
transversal del
proyecto de refuerzo
estructural, Alberto
Gult ingeniero, 1946

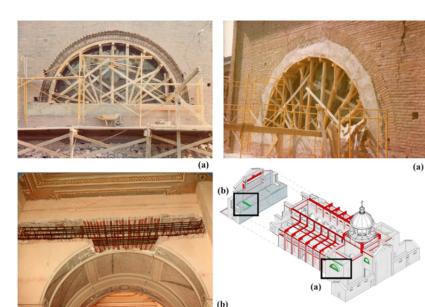
Nota. Iglesia de la Recoleta Dominica. Refuerzos, Corte B-B. (Plano 5), por A. Gult, 1949. Archivo Histórico de la Orden de Predicadores, Santiago. estructurales de consideración, lo que explicaría la confección de un juego de planos fechado en marzo de 1946 y firmado Alberto Gult (Figura 7). A modo general, la propuesta de Gult contemplaba una serie de elementos de hormigón armado insertos al interior de la fábrica, dispuestos en paramentos, arcos y vanos principalmente en la zona del crucero y transepto (zonas excluidas en las obras de refuerzo de 1927). Es altamente probable que este proyecto no haya sido ejecutado, tomando en cuenta que, para la década de 1980, el templo presentaba daños importantes en esta misma zona. Fue en ese contexto que el Prior de la Orden, fray Ramón Ramírez, solicitaba recursos económicos para solventar los costos de reparación de nuevos daños estructurales acumulados por más de 40 años (Ramírez, 1982), y que, de hecho, decantaron en la segunda obra de consolidación aquí identificada.

Los trabajos de la segunda intervención se llevaron adelante entre el 30 de julio de 1981 y el 29 de mayo de 1982, y estuvieron a cargo del ingeniero Santiago Arias. Aunque se carece de los planos del proyecto, un set de fotografías de las faenas permite colegir las zonas intervenidas, la disposición de los elementos de hormigón armado introducidos en la fábrica, y los procedimientos técnicos empleados. La intervención (Figura 8) consideró la inserción de elementos de hormigón armado alrededor de los rasgos de los lunetos del altar mayor y transepto. Se insertaron además cadenas embebidas a la altura de las claves de los arcos del coro de acceso. A diferencia del proyecto de 1927, esta propuesta consistió fundamentalmente en la adición de elementos de hormigón localizados y aislados, sin conexión evidente con los refuerzos previos. Los picados en la fábrica y la instalación

REVISTA 180 53 2024 0718 - 2309

Figura 8 Secuencia fotográfica de trabajos de consolidación estructural entre 1981 y 1982

Nota. Arriba izquierda (a) obras de inserción armaduras v encofrados de refuerzos de hormigón: arriba derecha (a) desenconfrados de refuerzos de hormigón armado. Ambas tomas fotográficas corresponden a intervención estructural alrededor del intradós y alféizar del luneto sobre la fachada sur del transepto. Abajo izquierda (b) obras de refuerzo con viga de hormigón armado a nivel de la clave de arco en sector coro, nave sur. Axonométrica grafica zona a las que corresponden las tomas fotográficas. Fuente fotografías: álbum de ©Ramón Ramírez. Archivo Histórico de la Orden de Predicadores, Santiago.



de armaduras previo al hormigonado reflejan también parte de las técnicas constructivas empleadas en una faena compleja por las características del edificio y la disposición de los elementos insertos en la fábrica. En la actualidad es posible observar solo los refuerzos agregados en las fachadas exteriores del templo, pues al interior, se cubrieron con acabados similares a los preexistentes.

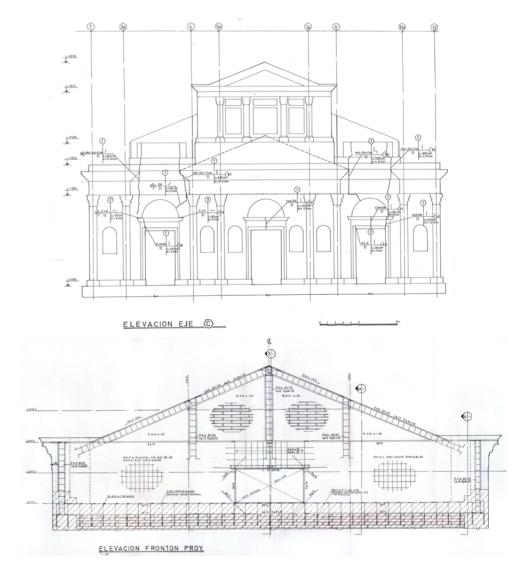
## Fase reciente (1983-2022)

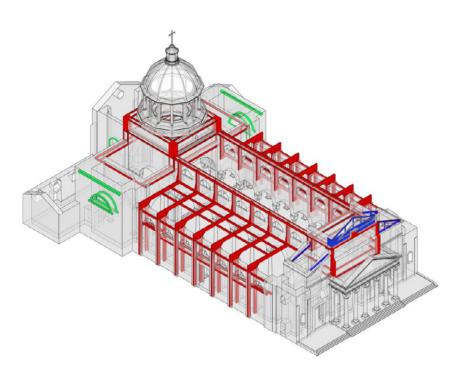
Esta última etapa ha estado marcada por dos terremotos significativos: Algarrobo, 1985 (8.0Mw) y Maule, 2010 (8.8Mw). En términos generales, se puede afirmar que el templo tuvo un desempeño satisfactorio en ambos eventos, acusando grietas y fisuras menores como las observadas en la actualidad en la conexión de arcos del crucero. Tras el terremoto de 1985. los daños se concentraron en la fachada principal y nártex, elementos que presentaban grietas pasantes diagonales y horizontales de 0,5 a 1,5 mm de espesor en arcos y muros (Arias, 2000) (Figura 9). Se encargó entonces un proyecto de restauración arquitectónica y refuerzo estructural, desarrollado respectivamente por el arquitecto Patricio Gross y el ingeniero Santiago Arias, que en todo caso retomaba una propuesta arquitectónica previa (1982), de los arquitectos Fernando Riquelme y Carlos Miranda y al alero de la Universidad de Chile, y que básicamente proponía la rectificación compositiva de simetría sobre de la fachada principal, eliminando un pequeño campanario de madera ubicado al costado sur y reemplazándolo por un frontón lateral partido similar al existente en el costado opuesto.

Figura 9
Plano de encuesta
daños estructurales
fachada principal
Iglesia de la Recoleta
Dominica

Nota. Plano
propuesta de
refuerzo estructural
y restauración
fachada principal,
detalle de frontón
Iglesia de la Recoleta
Dominica. Santiago
Arias, ingeniero,
febrero de 2000.
Archivo Consejo
de Monumentos
Nacionales.

La obra (2000-2004) consideró, entre otras partidas, el análisis de los mármoles de las columnas, reposición de ladrillos, rediseño del atrio y la restauración de la fachada. Mientras que el trabajo estructural se centró principalmente en el tímpano que corona el plano de la fachada principal, para lo cual se optó por demolerlo y reemplazarlo por uno nuevo conformado por un sistema compuesto por muros de hormigón armado con refuerzo de mallas Acma y zonas de albañilería confinada, todo anclado a la estructura de hormigón preexistente. A juicio de Arias, con ello se alineaba al criterio antecedente en "la Fachada y del sector del Coro (...) de Marcos Rígidos orientado según dos direcciones ortogonales y construídos (sic) con pilares y arcadas en albañilería de ladrillos ubicados en los ejes transversales (...) y longitudinales" (Arias, 2000, p. 400). Es decir, se trata de un elemento reconstruido morfológicamente similar al existente, pero estructurado básicamente a través de elementos rígidos de hormigón armado y





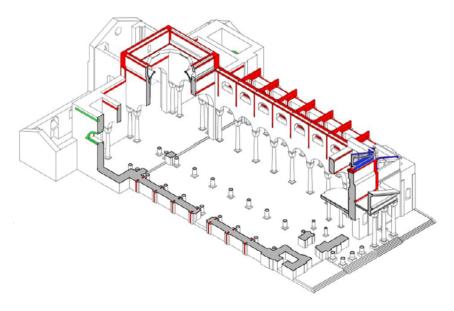


Figura 10 Serie axonométrica de la basílica con los refuerzos estructurales en hormigón armado de los tres períodos

Nota. 1927-1929c en rojo; 1981-2 en verde; y 2000-2004 en azul. Axonométrica superior representa el templo con las tres intervenciones de consolidación, situación actual. Inferior, axonométrica cortada que muestra parte de los elementos de refuerzo de hormigón armado embebidos en la estructura de albañilería.

con acabados tipo revestimiento —o enchape— por ambas caras (exterior e interior) del tímpano con hiladas de ladrillo 20 x 40 x 6 cm, similares a los de la fábrica original. Como muestra la Figura 10, la serie de intervenciones de refuerzo en hormigón armado adicionadas consecutivamente en las etapas identificadas en este trabajo permite diferenciarles entre sí, pero también dimensionar la envergadura de la primera —en rojo— en base a un sistema de marcos.

Más recientemente, en el año 2017, se concretó una última intervención que contempló reparaciones acotadas, como restitución de ladrillos dañados, trabajos de restauración en la cúpula y ornamentos y regularización de instalaciones eléctricas. Además, se reemplazó la cubierta existente por una nueva tipo placa metálica aislante y se repararon grietas interiores y exteriores detectadas en parte de la fábrica de albañilería refuerzos de hormigón existentes (Gross et al., 2017). La mayoría de estos trabajos se concentraron en el transepto, altar mayor y sala capitular y sacristía, y corresponden a daños asociados al terremoto de 2010, lo que da cuenta del buen comportamiento sísmico global del edificio, a través de un trabajo colaborativo entre los distintos elementos resistentes. Es decir, la concepción de un sistema estructural provisto para que las partes actúen como un todo. y que en la práctica han arrojado adecuados niveles de desempeño. Ello es consistente con el hecho que los daños estructurales se concentraron en zonas con menor densidad o derechamente con ausencia de refuerzos de hormigón armado, en contraste con la zona central del templo.

Dada la escasa investigación en el tópico tratado en este trabajo -iglesias reforzadas con elementos de hormigón armado—, existen diversos desafíos y temas abiertos que necesitan ser abordados, entre ellos: aumentar la data de casos con refuerzos de similares características junto con una evaluación de su desempeño sísmico histórico (en ese sentido, interesa conocer casos con buen desempeño sísmico, pero también casos contrarios, con deficiente desempeño, de tal manera de sacar lecciones de diversas prácticas); dificultades en la modelación y análisis estructural de estas estructuras mixtas, particularmente, las conexiones de elementos estructurales con diferentes materiales; y, a través de modelos computacionales suficientemente validados, estudiar la vulnerabilidad sísmica de este tipo de iglesias reforzadas con el objetivo de evaluar cuantitativamente la vulnerabilidad asociada a las prácticas más comunes encontradas en iglesias existentes. En ese sentido, un análisis preliminar de la eficiencia del sistema de refuerzo implementado en la Iglesia Recoleta Dominica ha sido recientemente reportado (Barrientos et al., 2023).

2024

#### CONCLUSIONES

La Basílica de la Recoleta Dominica de Santiago de Chile representa una obra arquitectónica relevante a nivel nacional y en el contexto latinoamericano. Entre los principales atributos aquí relevados, destacan los aspectos históricos, arquitectónicos, estructurales, y técnicos. La autoría de arquitectos como Chelli, Aldunate y Hecht, así como las cualidades espaciales que caracterizan su composición, orden y tipología basilical, contribuyen también a resaltar su valor en el ámbito arquitectónico. Asimismo, los aportes del ingeniero Moraga y el arquitecto Julio como autores del refuerzo de 1927-1929c han resultado clave para la preservación del templo.

Como otras obras similares en su tipo, se trata de una construcción altamente vulnerable frente eventos sísmicos, debido principalmente a su constitución constructiva y material en base a muros de albañilería simple de ladrillo. Sin embargo, ha mostrado un desempeño estructural y sísmico por un período de 140 años desde su inauguración, con ausencia de daños o colapsos importantes en su fábrica. Ello se explica fundamentalmente por la presencia de elementos de refuerzo estructural introducidos en tres momentos aquí identificados: 1927-1929; 1981-1982 y 2000-2004. Especialmente clave ha sido el primero de los refuerzos, cuya estrategia contribuyó a mejorar la respuesta global del edificio permitiendo un desempeño sismorresistente satisfactorio por décadas, con contundente evidencia empírica.

Asimismo, las intervenciones posteriores se han adaptado a los principios de estructuración establecidos por la primera, lo que supone un reconocimiento de su valor técnico y desempeño expresado en la continuidad del criterio de consolidación por confinamiento y el uso de hormigón armado. Además, desde una perspectiva histórico-técnica, estas primeras obras de refuerzo representan un caso singular en el contexto nacional y regional, en un momento en que el empleo del hormigón armado en la edificación era aún incipiente, y específicamente en cuanto al recurso de refuerzo estructural aplicado en iglesias históricas de albañilería. Y si bien se trata de un proyecto que contraviene las recomendaciones actuales de intervención en el patrimonio construido, su evaluación debe ser establecida en el marco histórico de su realización, siendo en este sentido, un proyecto adelantado para el período y en sintonía con los criterios consignados en la carta de Atenas de 1931. Se plantea, entonces, que estas obras de consolidación constituyen en la actualidad un atributo más dentro del edificio. En este sentido, las obras de 2000-2004 que reemplazaron el tímpano de la fachada principal por uno semejante en hormigón armado revestido con ladrillos, representa una acción de mayor impacto en términos de integridad y no necesariamente supeditado a la idea de confinamiento presente en las operaciones anteriores.

En general, los antecedentes recopilados han permitido identificar el impacto que produjo el terremoto de Mendoza de 1927 en parte de la zona central de Chile y de Argentina y sus implicancias en el contexto local hasta ahora ausentes en la literatura. Futuros estudios al respecto podrían contribuir a comprender con mayor profundidad los alcances e impacto en la edificación que este evento en particular ocasionó.

El desarrollo de trabajos de corte histórico-arquitectónico y estructural en este ámbito, representa un aspecto fundamental para una comprensión más integral del objeto de estudio que articule diversas variables. De lo contrario, se dificulta el análisis y el establecimiento de un diagnóstico fundado que permita determinar las condiciones de estabilidad estructural e integridad arquitectónica de la obra. Estudios en esta línea pueden así contribuir a comprender de manera global la naturaleza arquitectónica. estructural y técnica de iglesias históricas de albañilería simple. Un volumen mayor de trabajos en esta línea permitiría además avanzar hacia el diseño de estrategias y recomendaciones de refuerzo para casos similares, que logren compatibilizar un adecuado desempeño sísmico del edificio y su impacto en los atributos históricos, arquitectónicos y artísticos. Se abren además interrogantes interesantes en torno a la eficacia de sistemas de refuerzo basados en pilares y vigas de hormigón armado insertos en albañilerías y su aplicabilidad como alternativa viable, adecuada y ajustada a las demandas sísmicas propias de Chile, con terremotos de subducción caracterizados por su gran magnitud y larga duración.

3 2024

#### **REFERENCIAS**

- Arias, S. (2000). Reparación estructural fachada. Templo Recoleta Dominica [Archivo PDF]. Archivo Consejo de Monumentos Nacionales, Santiago.
- Barrientos, M. (2017). El proceso de regulación sismorresistente en Chile.

  Una mirada crítica. En F. Encinas, A. Wechsler y W. Bustamante (Eds.), Intersecciones. Il Congreso Interdisciplinario de Investigación en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio (pp. 262-279). Ediciones ARQ.
- Barrientos, M., Palazzi, N. C., Alvarado, R., & Sandoval, C. (2023). Preliminary
  Assessment of a Historic Masonry Church Strengthened by
  Reinforced Concrete Elements During 1927–1930. The Case
  of Recoleta Dominica Basilica in Santiago, Chile. https://doi.
  org/10.1007/978-3-031-39603-8\_91
- Brandonisio, G., Lucibello, G., Mele, E., & De Luca, A. (2013). Damage and performance evaluation of masonry churches in the 2009

  L'Aquila earthquake. Engineering Failure Analysis, 34, 693-714.
- Calderini, Ch. (2008). Use of Reinforced Concrete in Preservation of Historic Buildings: Conceptions and Misconceptions in the Early 20th Century. *International Journal of Architectural Heritage*, 2(1), 25-59. https://doi.org/10.1080/15583050701533521
- D'Ayala, D. (1999). Correlation of seismic damage between classes of buildings: Churches and houses. En A. Bernardini (Ed.), Seismic damage to masonry buildings (pp. 41-58). Balkema.
- D'Ayala, D. (30 de enero al 4 de febrero de 2000). Establishing correlation between vulnerability and damage survey for churches [Sesión de conferencia]. 12th World Conference on Earthquake Engineering, paper no. 2237, New Zealand.
- D'Ayala, D., & Benzoni, G. (2012). Historic and traditional structures during the 2010 Chile Earthquake: Observations, codes, and conservation strategies. *Earthquake Spectra 28*(1), 425-451.
- Decreto N. ° 10 de 1974. Declara Monumentos Históricos los Inmuebles que indica. [Ministerio de Educación Pública]. 7 de enero de 1974.
- Díaz, J. (1959). *Iglesia y Convento de la Recoleta Dominica*. [Seminario Historia de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile].
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2008). Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale. (DPCM 9/2/2011). Autor.

- Flores, R. (1993). Normas y prácticas de la ingeniería sismorresistente en Chile. En R. Flores, (Ed.), *Ingeniería Sísmica. El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 163-179). Instituto de Ingenieros de Chile; Ediciones Pedagógicas Chilenas; Ediciones Dolmen.
- Guzmán, F., Berg, L., Capitelli, G., Cracolici, S., Pallotino, E. y Vyhmeister, K. (2021). Roma y la renovación de la imagen y el espacio sacro en Chile durante el siglo XIX. *Historia*, *2*(54) 585-617.
- Gross, P., Correa, C. y Lampaya, I. (2017). Proyecto de consolidación estructural y reemplazo de cubiertas Iglesia Recoleta Dominica.

  Memoria de proceso de obra [Manuscrito inédito].
- Gult, A. (1949). *Iglesia de la Recoleta Dominica. Refuerzos, Corte B-B, Plano* 5 [Archivo PDF]. Archivo Histórico de la Orden de Predicadores, Santiago.
- Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. (1931). *Carta de Atenas*.

  Conferencia de Atenas. <a href="https://www.icomos.org.ar/wp-content/uploads/2009/08/29.pdf">https://www.icomos.org.ar/wp-content/uploads/2009/08/29.pdf</a>
- Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. (1964). Carta internacional sobre la conservación y restauración de monumentos y sitios.

  Carta de Venecia. <a href="https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/venice\_sp.pdf">https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/venice\_sp.pdf</a>
- Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. (2000). *Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido*. Carta de Cracovia. <a href="http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/2000-cracovia.pdf">http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/2000-cracovia.pdf</a>
- Consejo Internacional de Monumentos y Sitios e International Scientific
  Committee on the Analysis and Restoration of Structures of
  Architectural Heritage. (2005). Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración de estructural del patrimonio arquitectónico. https://www.icomos.org/charters/structures\_sp.pdf
- Dirección General de Construcciones y Urbanización (1930). Ordenanza General de Construcciones y Urbanización. Imprenta Lagunas & Quevedo Ltda.
- Indirli, M. y Sotero Apablaza, M. (2010). Protección del Patrimonio en Valparaíso (Chile): Proyecto "Mar Vasto". Revista Ingeniería de Construcción, 25(1).
- Instituto Nacional de Normalización. (2020). Intervención en Construcciones Patrimoniales y Edificaciones Existentes. Requisitos del Proyecto Estructural. (NCh-3389). https://ecommerce.inn.cl/nch3389202075256

- Jorquera, N., Misseri, N., Palazzi, N., Rovero, L., & Tonietti, U. (2017).

  Structural characterization and seismic performance of San Francisco church, the most ancient monument in Santiago, Chile. International Journal of Architectural Heritage, 11(8), 1061-1085.
- Jorquera, N., Ruiz, J., & Torres, C. (2020). Analysis of seismic design criteria of Santo Domingo Church, a Colonial Heritage of Santiago, Chile. *Revista de la Construcción*, 16(3), 388-402.
- Lagomarsino, S., & Podestà, S. (2004). Seismic vulnerability of ancient churches: II. Statistical analysis of surveyed data and methods for risk analysis. *Earthquake Spectra*, 20(2), 395-412.
- Ley N.° 4.563 de 1929. 14 de febrero de 1929. https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=149306&idParte=
- Lourenço, P. B., Oliveira, D. V., Leite, J. C., Ingham, J. M., Modena, C., & Da Porto, F. (2013). Simplified indexes for the seismic assessment of masonry buildings: International database and validation. *Engineering Failure Analysis*, 34, 585-605.
- Moreiras, S. M., & Páez, M. S. (2014). Historical damage and earthquake environmental effects related to shallow intraplate seismicity of central western Argentina. *Geological Society, London, Special Publications*, 399(1), 369–382.
- Nelsen, A. (31 de marzo de 2010). Chile earthquake takes heavy toll on historical sites. The Christian Science Monitor.

  <a href="https://www.csmonitor.com/World/Americas/2010/0331/">https://www.csmonitor.com/World/Americas/2010/0331/</a>
  Chile-earthquake-takes-heavy-toll-on-historical-sites
- Palazzi, N. C., Favier, P., Rovero, L., Sandoval, C., & de La Llera, J. C. (2020).

  Seismic damage and fragility assessment of ancient masonry churches located in central Chile. *Bulletin of Earthquake*Engineering, (18), 3433-3457.
- Palazzi, N.C., Rovero, L., De la Llera, J. C., & Sandoval, C. (2020). Preliminary Assessment on Seismic Vulnerability of Masonry Churches in Central Chile. *International Journal of Architectural* Heritage. https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1570388
- Pérez, F. (2016). Arquitectura en el Chile del siglo XX. ECC ediciones.
- Plano Iglesia de los RR.PP. Dominicos. Corte según AA. (s. f.) [Archivo PDF]. Archivo Consejo de Monumentos Nacionales.
- Proporciones y consecuencias del temblor de ayer. (15 de abril de 1927). *El Mercuri*o, p. 7.

- Rendel, M., Lüders, C., Greer, M., Vial, J., Westenenk, B., de la Llera, J. C.,
  Perez, F., Bozzi, D., & Prado, F. (2014). Retrofit, using seismic isolation, of the heavily damaged Basílica del Salvador in Santiago,
  Chile. New Zealand Society fot Earthquake Engineering,
  14NZEE; Aotea.
- Ramírez, R. (1976). Los Dominicos en Chile. Breve resumen de los hechos históricos, personaies, etc. Impresión Orden de Predicadores.
- Ramírez, R. (1981). *Priores del Convento de la Recoleta Dominica.* 1753-1981. Impresión Orden de Predicadores.
- Ramírez, R. (1982). Fotos trabajos reparación. Templo Recoleta Dominica.

  Octubre-noviembre-diciembre-enero 81-82. [Álbum fotográfico]. Archivo Histórico de la Orden de Predicadores.
- Roca Fabregat, P. (2021). The ISCARSAH guidelines on the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. En SAHC 2021: 12th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions (pp. 1629-1640). International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE).
- Sepúlveda, J. P. (2001). Eusebio Chelli: Desafío de una lectura histórica en Chile. En F. Pérez (Ed.), Seminario de Investigación Constructores y viajeros (s. p. ). Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Templo de la Dominica. (23 de noviembre de 1882). El Ferrocarril N.º 8556.
- Torres, W., Almazán, J. L., Sandoval, C., & Boroschek, R. (2017). Operational modal analysis and FE model updating of the Metropolitan Cathedral of Santiago, Chile. *Engineering Structures*, *143*, 169-188. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.04.008
- Torres, W., Almazán, J.L., Sandoval, C., & Peña, F. (2018). Fragility analysis of the nave macro-element of the Cathedral of Santiago, Chile. *Bulletin of Earthquake Engineering, 16*, 3031–3056. https://doi.org/10.1007/s10518-017-0292-6
- Urrutia, R. y Lanza, C. (1993). *Catástrofes en Chile*. 1651-1992. Editorial La Noria.
- Vista general de Santiago, Chile (1909-1919). [Fotografía] Eggers y Cía.

  Archivo Fotográfico. Biblioteca Nacional Digital de Chile <a href="https://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/629/w3-article-612529">https://www.bibliotecanacionaldigital.gob.cl/bnd/629/w3-article-612529</a>.

  html

