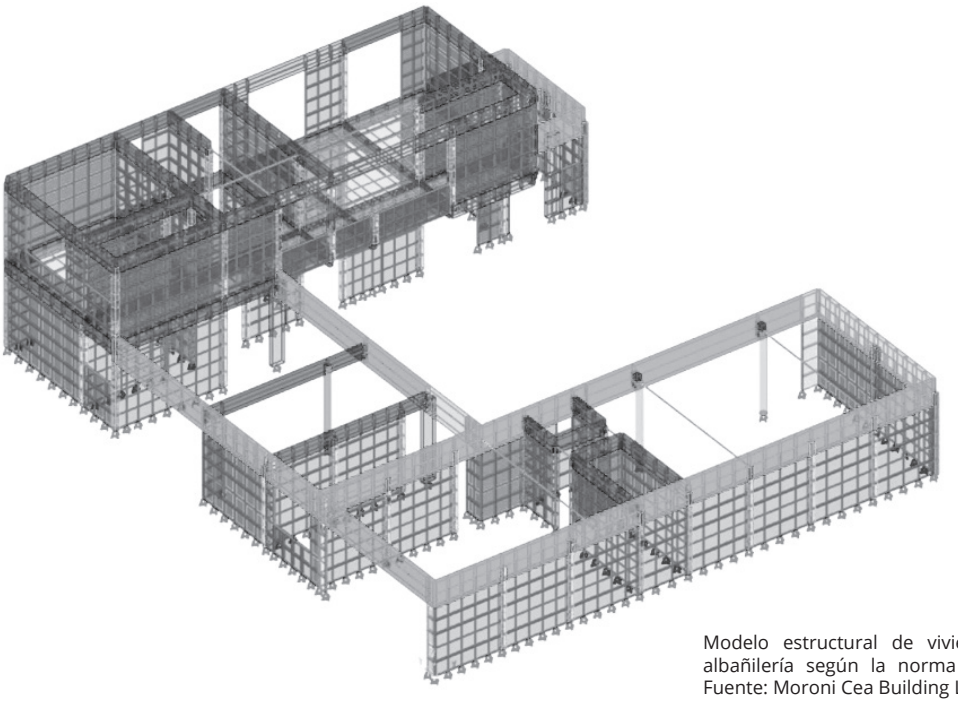
ARTEOFICIO Nº 17 (2021): 5-11 • ISSN 0717-5590
Escuela de Arquitectura • Universidad de Santiago de Chile
DOI: https://doi.org/10.35588/arteoficio.v17i17.5871

¿SISMO-RESISTENCIA O SISMO-RESILIENCIA? Visiones cruzadas desde la ciudad a las estructuras portantes

Earthquake-resistance or earthquake-resilience? Crossed visions from the city to the load-bearing structures



Modelo estructural de vivienda de albañilería según la norma chilena. Fuente: Moroni Cea Building Lab.

MSc. Ginnia Moroni
Universidad San Sebastián
ginnia.moroni@uss.cl
Dr. (c). Sebastián Laclabère
Universidad Técnica Federico Santa María
maurice.laclabere@usach.cl

Resumen
En décadas recientes, el concepto de "resiliencia" ha cobrado gran relevancia a nivel global, siendo utilizado en distintos campos del conocimiento como la biología, la psicología, la ingeniería y la planificación urbana, entre otros. Si bien, su definición general es similar en cada caso, la forma de implementación puede variar según la disciplina considerada. El presente artículo busca tomar dos ámbitos distintos, quizás incluso contrapuesto, pero que dialogan de manera constante con la arquitectura, como son la ingeniería estructural y la planificación urbana, y comparar de qué manera se comprende el concepto de "resiliencia" frente a desastres en cada uno de ellos, tratando de establecer cruces, diferencias y similitudes entre ambos, contribuyendo a una comprensión integrada del concepto de resiliencia a través del campo de la arquitectura y las disciplinas que con ella dialogan.

Palabras clave: Gestión de riesgo de desastres; resiliencia urbana; resiliencia sísmica; diseño sísmico.

Abstract
In recent decades, the concept of "resilience" has gained great relevance at a global level, being used in different fields of knowledge such as biology, psychology, engineering and urban planning, among others. Although its general definition is similar in each case, the form of implementation may vary depending on the discipline considered. This article seeks to take two different fields, perhaps even opposed, but which are in constant dialogue with architecture, such as structural engineering and urban planning, and compare how the concept of "resilience" is understood in the face of disasters in each of them, trying to establish crossings, differences and similarities between both, contributing to an integrated understanding of the concept of resilience through the field of architecture and the disciplines that dialogue with it.

Keywords: Disaster risk management; urban resilience; seismic resilience; seismic design.

Recibido: 15/11/2021
Aceptado: 24/03/2022

Introducción

Nos encontramos actualmente, a nivel global, en un contexto crítico, en el que los desastres son cada vez más frecuentes y severos. El aumento exponencial de la población, los procesos de urbanización extendida y el estado de emergencia climática a nivel global han contribuido a generar un panorama altamente complejo, en el que eventos como terremotos, inundaciones, incendios forestales, erupciones volcánicas, aluviones y sequías, entre otros, parecen ser cada vez más recurrentes y afectar más profundamente a nuestras comunidades. Frente a este escenario, la gestión del riesgo de desastres (GRD) se ha establecido como un ámbito crítico e interdisciplinario, que dialoga con diversos campos del conocimiento, incluyendo la arquitectura, la ingeniería y el urbanismo, en busca de establecer más y mejores soluciones para estos fenómenos. Como respuesta a este contexto global, resulta interesante observar cómo algunos conceptos comienzan a tomar cierta relevancia y permear diversas disciplinas que parecieran ser inicialmente inconexas. Un concepto relacionado con este escenario que ha tomado protagonismo en décadas recientes es el de resiliencia, que ha comenzado a tomar relevancia en distintos campos del conocimiento siendo utilizado, por ejemplo, en: psicología, sociología, biología, diversas ramas de la ingeniería, planificación urbana, entre otras.

El presente artículo busca tomar dos ámbitos que dialogan de manera constante con la arquitectura, como son la ingeniería estructural y la planificación urbana, y comparar de qué manera se comprende el concepto de "resiliencia" en cada uno de ellos, tratando de establecer cruces, diferencias y similitudes entre ambos, contribuyendo a una comprensión integrada del concepto de resiliencia a través del campo de la arquitectura y las disciplinas que con ella dialogan.

El concepto de Resiliencia

Para poder comparar las variaciones y similitudes del concepto de resiliencia en distintos campos, se hace necesario poder comprender de modo general en qué consiste el concepto propiamente tal, y también su relación con el ámbito de la gestión del riesgo de desastres (GRD). Si bien éste concepto no forma parte de las propuestas conceptuales de la gestión del riesgo, es posible afirmar que una apropiada GRD resulta en sistemas más resilientes (Protocolo de Sendai, 2015), es decir, una es consecuencia de la otra. Más específicamente podemos establecer ciertas relaciones cruzadas entre los conceptos de resiliencia y vulnerabilidad, pudiendo afirmar entonces que una menor exposición a amenazas, una reducida susceptibilidad de ser afectado y una capacidad de respuesta mejorada pueden resultar en sistemas menos vulnerables y complementariamente en sistemas más resilientes.

Como se ha mencionado previamente, el concepto de resiliencia es complejo y posee múltiples definiciones (Alexander, 2013), dependiendo del área del conocimiento donde se esté utilizando. Para efectos de este artículo, se enfocará la resiliencia dentro de los campos de la planificación y el diseño urbanos, además de la ingeniería, entendiéndose ésta como una propiedad o cualidad de los sistemas, tanto estructurales como urbanos, que pudiese contribuir a una mejor capacidad de respuesta frente a los requerimientos de eventos de desastre de tipo diverso, incluyendo desastres sísmicos.

Uno de los primeros usos académicos del concepto de resiliencia se da a partir de mediados del siglo XIX en el campo de la ingeniería mecánica (Alexander, 2013), definiéndose como la capacidad de un sistema de resistir las perturbaciones de la manera más inmutable posible y busca asegurar un retorno a la posición de equilibrio en el menor tiempo posible (Holling, 1996). Esta visión, asentada firmemente en una tradición determinista de comprensión de la naturaleza, busca construir sistemas "a prueba de fallas" con el objeto de mantener de forma constante el equilibrio del mismo (Ahern, 2011). En las últimas décadas ha emergido una nueva concepción de resiliencia a partir de una perspectiva ecológica, que postula que la resiliencia está asociada con la interrelación de los componentes y fuerzas de un sistema; y cómo éste puede cambiar y adaptarse manteniendo

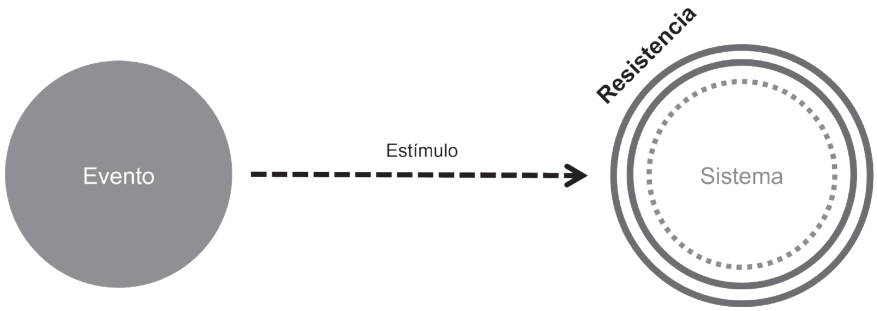


Figura 1. Diagrama de resiliencia desde una perspectiva de la resistencia, el sistema evita la perturbación. Fuente: Elaboración propia.

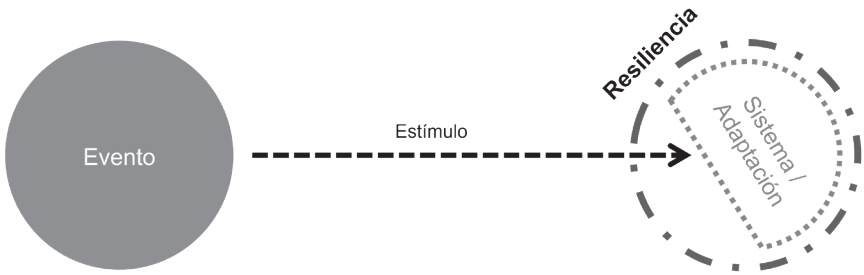


Figura 2. Diagrama de resiliencia desde una perspectiva ecológica, el sistema reacciona y se adapta al estímulo. Fuente: Elaboración propia.

su funcionalidad y estructura, al mismo tiempo que se reorganiza, incrementando su capacidad de aprender y adaptarse. Se apunta así al desarrollo de sistemas flexibles, inciertos y variables, que no buscan ya ser "a prueba de fallas", sino por el contrario, tener la capacidad de reaccionar y adaptarse a las eventuales fallas del sistema mismo. Esta perspectiva ecológica de la resiliencia postula que en la naturaleza, es quizás un error intentar constantemente evitar los "shock", en tanto un sistema excesivamente estable deja que el riesgo se acumule en exceso mientras que la flexibilidad del sistema, por otra parte, puede ayudar a mantenerlo más controlado (Bryant & Allan, 2013).

Resiliencia Urbana

Desde la perspectiva de la ciudad, sus dinámicas y componentes, es necesario preguntarse entonces, qué modelo de resiliencia es más apropiado para la comprensión de los sistemas urbanos, en base a sus complejidades, variaciones e interrelaciones. En primera instancia podría parecer que, es la resiliencia desde la ingeniería la que prima en el ámbito urbano, buscando diseñar sistemas, edificaciones e infraestructuras a prueba de fallas y capaces de retomar sus funciones rápidamente tras un desastre, facilitando así los procesos de recuperación. Sin embargo, las relaciones internas y externas de la ciudad resultan de sus procesos no lineales, al mismo tiempo que las diversas escalas y componentes de la ciudad (el sitio, la calle, la manzana, el barrio, etc.) y sus interconexiones nos hablan de una morfología que se asemeja fuertemente a un sistema ecológico (Figura 3) y que comparte muchas de sus características y propiedades (Bryant & Allan, 2013; Ahern, 2013). A partir de esto, es posible afirmar que una concepción ecológica y orgánica de la resiliencia puede ajustarse de mejor manera a las variables y complejidades inherentes a un sistema urbano, entendiendo esta complejidad a partir de la superposición de actividades, sistemas, redes, usuarios, morfología, entre otras variables.

A partir de estos puntos de cruce entre sistemas ecológicos y urbanos, es posible preguntarse ¿cómo podemos entender y caracterizar la resiliencia cuando hablamos de sistemas urbanos? frente a esta pregunta es posible distinguir algunas características espaciales, que permiten la configuración de sistemas urbanos más resilientes, algunas de estas características son: multifuncionalidad, robustez, estabilidad, redundancia, modularidad, diversidad (biológica y social), redes multiescalares, conectividad, adaptabilidad (Ahern, 2013; Irajifar et al., 2016; Sharifi & Yamagata, 2016; Tyler & Moench, 2012). Estas características urbanas resilientes pueden explicarse brevemente de la siguiente manera:

La multifuncionalidad puede comprenderse como la capacidad de desempeñar diversas funciones de manera paralela, secuenciada o superpuesta, con un alto grado de eficiencia en el

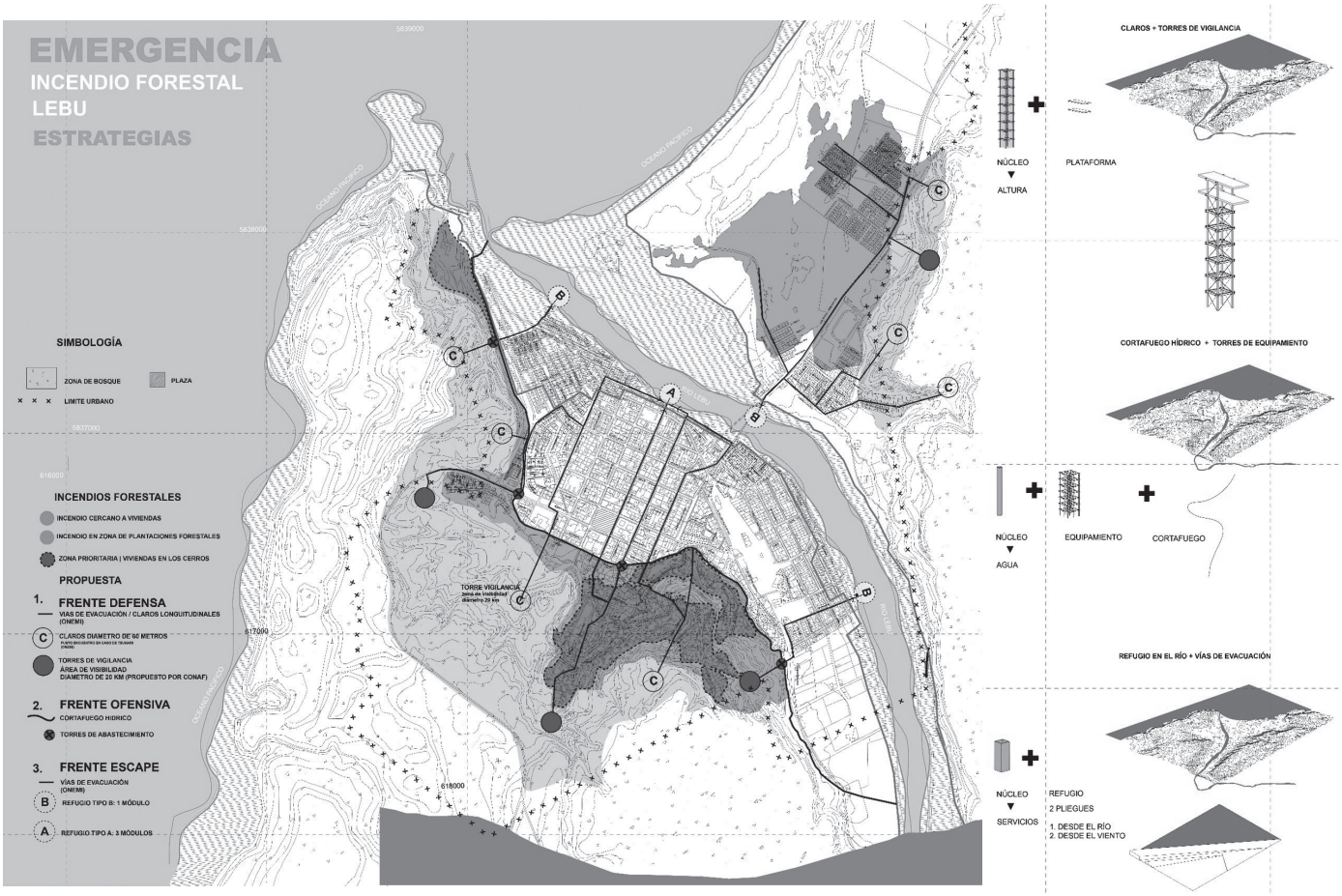


Figura 3. Propuesta de sistema urbano integrado y resiliente ante incendios forestales, Lebu. Fuente: Camila Zamorano.

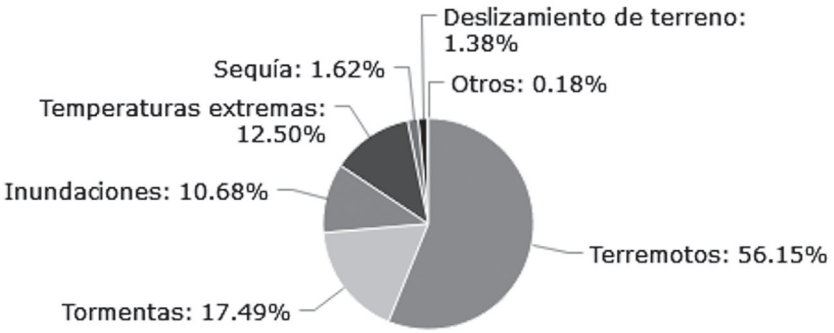


Figura 4. Muertes según desastre natural a nivel mundial, entre 1998 y 2017. Fuente: elaboración propia en base a datos UNISDR, 2017.

uso de recursos. La multifuncionalidad es de gran relevancia en tanto permite generar respuestas diversas y flexibles frente a un requerimiento dado. Está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Tyler & Moench, 2012).

La robustez y estabilidad, que se relacionan con la capacidad de un sistema de resistir físicamente los impactos que buscan alterarlo, están normalmente relacionadas con una resiliencia material y por lo tanto vinculadas muchas veces a obras de infraestructura e ingeniería. Además, con la etapa de mitigación del ciclo de la GRD. (Sharifi & Yamagata, 2016; Irajifar *et al*., 2016).

La redundancia y modularidad están relacionadas con sistemas que poseen repetición de elementos que pueden realizar las mismas operaciones, de manera de funcionar como seguro en caso de falla, evitando la aparición de puntos críticos o cuellos de botella. Y, también, con la etapa de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al*., 2016).

La diversidad, que puede ser social, económica, ecológica, entre muchas otras posibilidades, nos habla de la riqueza de distintas posibilidades y actores que intervienen en un sistema. Esta variedad de actores permiten al sistema reaccionar de distinta manera frente a distintos requerimientos, sin dejar de funcionar. En el plano urbano puede estar relacionado con usos de suelo, tipos de actividades, composición socioeconómica y racial, entre otros. Y está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al*., 2016).

Por otra parte, las redes multiescalares y la conectividad son características que permiten a un sistema urbano mantenerse conectado, en movimiento y funcionando. El factor escala es relevante en este punto, pues permite generar conexiones entre escalas o tipos diversos de conexiones, por ejemplos conexiones modales en términos de transportes, etc. Está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016).

Por último, la adaptabilidad se refiere a sistemas que tienen la capacidad de cambiar a lo largo del tiempo, ajustándose a las demandas del entorno. Esta característica se relaciona con la posibilidad de desarrollar experiencias piloto, con una perspectiva de "aprender haciendo", que permita posteriores adaptaciones al sistema según la información recogida empíricamente en terreno. Está vinculado con la etapa de recuperación del ciclo de la GRD (Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al.*, 2016).

Dados los procesos de urbanización a nivel global y los desafíos para la planificación y diseño urbano que estos presentan, sumado a las complejidades de las interacciones entre los ámbitos urbano-rural y el consiguiente aumento del riesgo de desastres en nuestras ciudades, la resiliencia se presenta entonces como una propiedad necesaria, casi vital, para el desarrollo de asentamientos urbanos sustentables y con capacidad de responder a las demandas del contexto en que se sitúan y los posibles eventos que en este ocurran.

Resiliencia estructural

Por otra parte, en ingeniería estructural, se define resiliencia como la capacidad de volver a utilizar una edificación o estructura, en el menor tiempo posible, luego de algún evento catastrófico. Para esto, es necesario que el diseño estructural considere los potenciales riesgos a los que estará sometida la estructura y establezca estrategias que disminuyan los daños al mínimo, en caso que ocurran. Esto, también, implica que se minimicen los costos y plazos de reparación. Este objetivo se diferencia de las normas y códigos de diseño tradicionales, que apuntan, principalmente, a los requisitos mínimos de seguridad (Gebelein *et al.*, 2017).

Uno de los principales riesgos para una edificación son los sismos, que causan la mayor cantidad de muertes por desastres naturales y la segunda mayor cantidad de pérdidas materiales a nivel mundial (Figuras 4 y 5). En el contexto chileno, el sismo ocupa el primer lugar para ambas categorías (Idom, 2017; UNISDR, 2017). Es por esto que uno de los principales temas de estudio en el área de la ingeniería en nuestro país

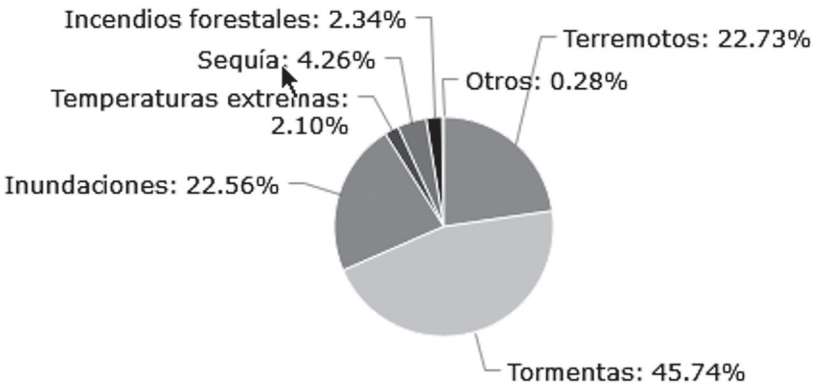


Figura 5. Pérdidas materiales según desastre natural a nivel mundial, entre 1998 y 2017. Fuente: elaboración propia en base a datos UNISDR, 2017.

es la acción sísmica, cuya norma, NCH 433, ha ido evolucionando frente a cada evento sísmico importante. El objetivo primordial de la norma sísmica es preservar la vida humana, sin embargo, la tendencia apunta a que esto ya no es suficiente y las últimas especificaciones comienzan a considerar, también, la limitación de los daños en la edificación.

El análisis sísmico es mucho más complejo que la mayoría de los análisis estructurales, puesto que el primero es dinámico, no linear y aleatorio, mientras que los otros son estáticos, lineares y determinados. En los inicios del diseño sísmico, se realizaba un análisis estático, tomando un porcentaje del peso del edificio como carga horizontal, que representaba las cargas sísmicas. Una vez que se implementó el uso de computadores, que permitían el desarrollo de cálculos mucho más complejos, se comenzaron a realizar análisis dinámicos y no lineares. Los códigos y normas de edificación de diversos países incluyen en el análisis sísmico, tanto su equivalente estático, que se puede usar en ciertas ocasiones, como los métodos dinámicos, que cada vez son más detallados. En general, se busca tener un equilibrio entre la precisión de los resultados y la complejidad del análisis, según el tipo de edificación analizada. No obstante, el diseño sísmico sigue siendo una predicción estadística que mantiene una alta incertidumbre, en comparación con otros análisis estructurales, que se suple con coeficientes de seguridad, los que también están presentes en el análisis sísmico. Esto lleva a sobredimensionar, en mayor o menor medida, los elementos estructurales para asegurar su desempeño en servicio (CEN, 2017; Fajfar, 2018; INN, 2009; ICC, 2018; Stepinac *et al*., 2020).

Por otro lado, cada vez las normas sísmicas se vuelven más estrictas, buscando disminuir el daño en las estructuras para garantizar la continuidad de operación de las edificaciones. Las últimas especificaciones de la norma chilena de diseño sísmico, realizadas luego del terremoto de 2010, apuntan a esto, buscando estructuras más rígidas. Esto resulta en elementos más robustos y una mayor cantidad de ejes resistentes, aumentando la densidad de muros. Es decir, resulta en estructuras de mayor peso y que requieren una mayor cantidad de material (Music y Ponce,2014; Lagos *et al*., 2021). Estas modificaciones no son arbitrarias, sino que responden a las actuales necesidades de los edificios. La continuidad de funcionamiento de un edificio es cada vez más indispensable, no sólo para edificaciones esenciales, sino para todo tipo de usos. Además, las personas son más conscientes de las repercusiones del daño a las edificaciones y exigen los resguardos necesarios, sobre todo cuando estas representan inversiones importantes.

Para lograr estos objetivos de resiliencia, la principal estrategia es reducir los posibles daños mediante la robustez de la estructura, dándole mayor rigidez y resistencia frente a las cargas sísmicas. Esto se traduce en elementos estructurales de mayor sección, mayor cantidad de arriostramientos, entre otros. Tal como lo indican las nuevas especificaciones a la norma sísmica chilena, se requieren de estructuras más masivas (Fajfar, 2018; Stepinac *et al*., 2020). Otras alternativas para lograr la resiliencia vienen de la mano de las nuevas tecnologías.

Dentro de los avances tecnológicos del diseño sísmico, están los métodos de disipación, como los aisladores y los disipadores sísmicos. Estos dispositivos permiten a la estructura "amortiguar" las cargas sísmicas, sin necesidad de aumentar las secciones o la cantidad de elementos estructurales (Figura 6). En otras palabras, permite trabajar con estructuras más livianas, manteniendo los resguardos exigidos por las normas. Este tipo de técnicas requiere de un importante despliegue técnico e impone algunas condiciones para el diseño arquitectónico y el proceso constructivo. Sin embargo, ha comprobado ser una de las formas más efectivas de minimizar los daños de una estructura, facilitando su continuidad de operación y limitando las pérdidas económicas (Kamrava, 2015; Zellat & Kadri, 2015; Chapple, 2020).

Finalmente, en términos de ingeniería estructural y diseño sísmico, la resiliencia ha significado una búsqueda de mayor rigidez que, a su vez, ha exigido requisitos técnicos para el diseño de edificaciones. Por un lado, ha implicado estructuras más masivas, que requieren de secciones más importantes y, por ende, de mayor cantidad de material para su ejecución. Esto tiene un impacto directo en otros aspectos, como la huella de carbono

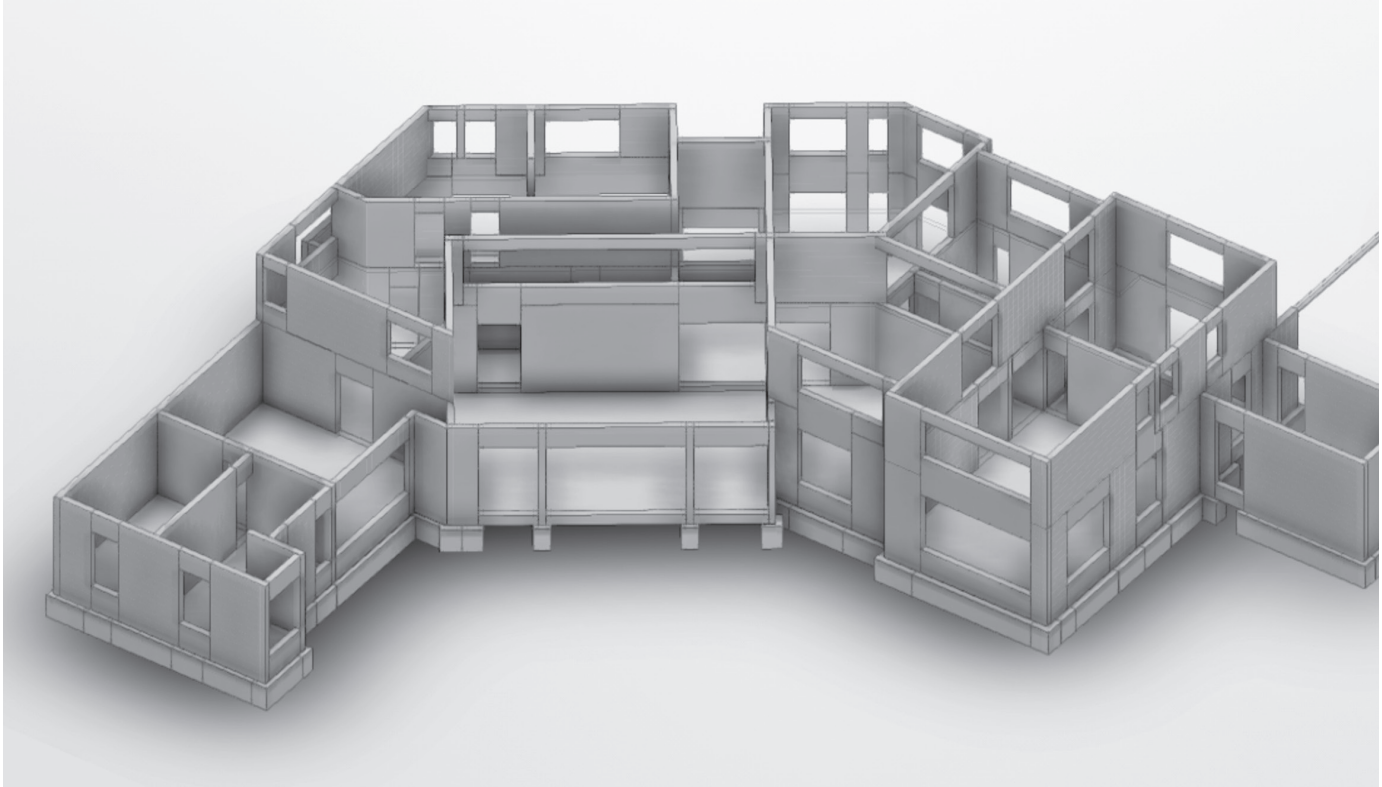


Figura 6. Modelo de estructura en hormigón armado, incorporando las últimas especificaciones de la NCh 433. Fuente: Imagen de archivo personal.

asociada a la estructura y los costos de ésta. Por otro lado, ha ampliado la aplicación de nuevas técnicas, como son los aisladores y disipadores sísmicos. Este tipo de dispositivos impone una serie de condiciones al proyecto e implica un mayor costo inicial. Sin embargo, cualquiera de estas metodologías se traducen en un mejor desempeño sísmico y menores pérdidas, tanto humanas como materiales.

Conclusión

A partir de ciertas visiones desde la ecología, podemos afirmar que la resiliencia se refiere al desarrollo de sistemas flexibles, capaces de adaptarse frente a los eventos críticos que puedan afectar su funcionamiento. En cierta forma, esto se contrapone a un sistema "a prueba de fallas", cuya robustez logre impedir cualquier tipo de fractura o daño, es decir un sistema basado en la idea de resistencia. Sin embargo, podemos ver que un equilibrio entre ambas visiones es clave para enfrentar un amplio espectro de desastres.

Históricamente uno de los principales focos de la ingeniería estructural en Chile ha sido el diseño sísmico, dónde constantemente se buscan nuevas soluciones para proteger a los edificios e infraestructuras de nuestras ciudades. El objetivo siempre es resguardar la vida humana, pero el resguardo de las edificaciones y su contenido se hace cada vez más relevante. Es por esto que se requiere de estructuras que puedan minimizar los posibles daños que pueda provocar la acción sísmica. Por otra parte, a escala macro, desde la perspectiva del diseño y la planificación urbana, dada la situación global y el incremento en la incidencia de eventos de desastre, se hace prioritario incorporar estrategias y criterios de resiliencia urbana, que nos permitan el desarrollo de ciudades más flexibles, adaptables y con capacidad de reacción antes los embates de estos eventos destructivos.

Aunque pareciera que desde la ingeniería la tendencia es a ir hacia estructuras más robustas, que entreguen mayor rigidez a la hora de un sismo, esto es sólo una de las posibilidades de la norma, ya que las nuevas tecnologías apuntan a una mayor resiliencia y flexibilidad. Así, los dispositivos de aislación sísmica son cada vez más usados, tanto en proyectos nuevos como edificaciones existentes que buscan mejorar su desempeño frente a este fenómeno.

Desde nuestra perspectiva, ya no basta solamente con desarrollar edificios que logren responder de buena manera a una catástrofe, sino que necesitamos avanzar hacia tejidos urbanos que incorporen también estas capacidades resilientes, de manera de lograr una aproximación multiescalar a la gestión del riesgo, desde el edificio, al espacio público y la ciudad en su conjunto. Esta aproximación interconectada y multiescalar, asimilable a los sistemas ecológicos, nos permitirán dar una

mejor y más integral respuesta ante los requerimientos de desastres, sísmicos y otros, que continuarán asediando, de manera progresiva, nuestras ciudades en el futuro.

Referencias Bibliográficas

Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. Landscape and Urban Planning, 100(4), 341–343. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021

Alexander, D. E. (2013). Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. Natural Hazards and Earth System Sciences, 13(11), 2707–2716. https://doi.org/10.5194/nhess-13-2707-2013

Allan, P. *et al*., (2013). The Influence of Urban Morphology on the Resilience of Cities Following an Earthquake. Journal of Urban Design, 18(2), 242–262. https://doi.org/10.1080/13574809.2013.772881

Chapple, P. (2020). Obras con protección sísmica: continuidad operativa. Corporación de Desarrollo Tecnológico.

Charleson, A. y Guisasola, A. (2017). Seismic Isolation for architects. Routledge.

Comité Européen de Normalisation (CEN). (2017). Seismic Design of Buildings to Eurocode 8. In Seismic Design of Buildings to Eurocode 8. https://doi.org/10.4324/9780203888940

Fajfar, P. (2018). Analysis in seismic provisions for buildings: Past, present and future. In Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering (Vol. 46). https://doi.org/10.1007/978-3-319-75741-4_1

Gebelein, J. *et al*., (2017). Considerations for a Framework of Resilient Structural Design for Earthquakes. 2017 Seaoc Convention Proceedings.

Holling, C.S. (1996) Engineering Resilience versus Ecological Resilience. En: Schulze, P.E., Ed., Engineering within Ecological Constraints, National Academy Press, Washington DC, 31-43.

IDOM Ingniería y Consultoría S.A. (2017). Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el Mundo - Informe Final. https://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2018/04/Dimensionamiento-mercado-de-desastres-naturales-idom-2017.pdf

Instituto Nacional de Normalización (INN). (2009). Diseño sísmico de edificios. https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch433#page/6

International Code Council (ICC). (2018). 2018 International Building Code Illustrated Handbook. In International Code Council.

Irajifar, L., Sipe, N., & Alizadeh, T. (2016). The impact of urban form on disaster resiliency. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 7(3), 259–275. https://doi.org/10.1108/ijdrbe-10-2014-0074

Kamrava, A. (2015). Seismic Isolators and their Types. Current World Environment, 10(Special-Issue1). https://doi.org/10.12944/cwe.10.special-issue1.05

Lagos, R. *et al*., (2021). The quest for resilience: The Chilean practice of seismic design for reinforced concrete buildings. Earthquake Spectra, 37(1). https://doi.org/10.1177/8755293020970978

Music, J., & Ponce, M. (2014). Implicancia de Normas NCh 433 – decreto 61 y NCh 430 – decreto 60 en el diseño de muros, en edificios de hormigón armado. Revista de Ingeniería Innova, 8(January 2014).

Sharifi, A., & Yamagata, Y. (2016). Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators. En Y. Yamagata & H. Maruyama (Eds.), Urban Resilience (pp. 259–276). Springer Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39812-9_13

Stepinac, M. *et al*., (2020). Seismic design of timber buildings: Highlighted challenges and future trends. In Applied Sciences (Switzerland) (Vol. 10, Issue 4). https://doi.org/10.3390/app10041380

Tyler, S., & Moench, M. (2012). A Framework for Urban Climate Resilience. Climate and Development, 4, 311-326.

UNISDR, & CRED. (2017). Economic Losses, Poverty and Disasters 1998-2017. In United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (Issue 3).

Zellat, K., & Kadri, T. (2015). Influence of seismic isolation system on bridge responses. Revista Ingenieria de Construccion, 30(3). https://doi.org/10.4067/S0718-50732015000300006.