

- ▲ **Palabras clave/** tsunami, vulnerabilidad física, adaptabilidad, Concón.
- ▲ **Keywords/** tsunami, physical vulnerability, adaptation, Concón.
- ▲ **Recepción/** 8 septiembre 2016
- ▲ **Aceptación/** 30 enero 2017

## Evaluación de vulnerabilidad física y adaptabilidad post-tsunami en Concón, zona central de Chile<sup>1</sup>

Assessing the physical vulnerability and post-tsunami adaptation in Concón, Chile's central area<sup>1</sup>

### Felipe Igualt

Arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.  
 Doctor en Arquitectura, University of Hawaii at Manoa, Estados Unidos.  
 Profesor Asociado de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar, Chile.  
 figualt@ead.cl

**RESUMEN/** El presente trabajo explora, mediante un estudio de vulnerabilidad física de la infraestructura urbana emplazada en el sector sur de la desembocadura del río Aconcagua, las debilidades físicas que hoy en día presenta el actual modelo de uso y crecimiento de la zona costera de Concón. Las zonas bajas de esta comuna, a pesar de haber sido afectada por dos tsunamis en cinco años, muestran un constante crecimiento, alejado de un modelo de adaptación frente a un escenario propenso a tsunamis. Se constató un alto grado de vulnerabilidad física en las construcciones ligadas al turismo y gastronomía, la presencia de infraestructura residencial en zonas expuestas, y un incremento de servicios en la zona afectada por el tsunami de 2015. Se exploraron, además, estrategias de adaptabilidad mediante multiprotección, señalando diversas medidas de adaptabilidad aplicables al borde costero expuesto a tsunamis en Concón. **ABSTRACT/** This work discusses the physical weaknesses of the existing use and growth model in the coastal area of Concón, based on a physical vulnerability study of the urban infrastructure located in the southern area of the Aconcagua River's estuary. In spite of having been impacted by two tsunamis in five years, the lower areas of this commune show constant growth, far from an adaptation model facing tsunami hazard settings. A high level of physical vulnerability was found in the buildings associated to tourism and gastronomy, the presence of residential infrastructure in exposed areas and more services in the area affected by the tsunami in 2015. Additionally, multi-protection adaptation strategies were also discussed, pointing to several adaptation measures applicable to the coastal border exposed to tsunamis in Concón.

**INTRODUCCIÓN.** A pesar de la recurrencia de tsunamis en las costas chilenas, nuestro país no se ha convertido en un modelo de adaptación del borde costero, aunque sí ha sido un referente en la construcción de edificios aplicando normas sísmicas que interpretan el territorio y sus riesgos, tales como la NCh433<sup>2</sup> y la NCh2369<sup>3</sup> (Ministerio de Vivienda y Urbanismo 2017), lo que ha llevado a

que hoy en día se tenga una política reaccionaria a desastres en lugar de una que comprenda los riesgos propios de la geografía chilena y, en específico, de las ciudades costeras. Sólo durante los últimos 6 años, las costas chilenas han sido afectadas por tres terremotos sobre magnitud 8.0Mw. Estos terremotos, a su vez, generaron tsunamis que afectaron ciudades costeras, tanto en la zona cercana al epicentro como en zonas remotas, siendo los más importantes los ocurridos en 2010 y 2015. El tsunami del 27 de febrero de 2010 se manifestó con mayor fuerza en

las regiones de O'Higgins, Maule y Biobío, especialmente en ciudades y localidades emplazadas contiguas a desembocaduras de ríos, generando 181 víctimas fatales y la destrucción de más de 17.000 edificaciones (Contreras y Winckler 2013). El tsunami de 2015 afectó, principalmente, las ciudades y localidades costeras de la región de Coquimbo, registrándose 15 víctimas fatales y 1.069 viviendas destruidas (United States Geological Survey 2015). Además, se produjeron cuantiosos daños y pérdida de infraestructura urbana, residencial, comercial e industrial (Contreras-López et al. 2016).

<sup>1</sup> En relación al desarrollo de esta investigación, cabe agradecer al Proyecto VRIEA-PUCV 039.357/2016 de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

<sup>1</sup> We wish to acknowledge the contribution of the VRIEA-PUCV 039.357/2016 Project of the School of Architecture and Design of the Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile in the development of this research.

<sup>2</sup> Norma técnica que establece las disposiciones mínimas exigibles en cuanto al diseño sísmico de las construcciones (Instituto Nacional de Normalización 2009).

<sup>3</sup> Norma técnica sobre el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales (Instituto Nacional de Normalización 2003).

La comuna de Concón, ubicada en la región de Valparaíso, fue afectada por los tsunamis de 2010 y 2015. La condición geográfica de Concón es extremadamente susceptible a los efectos destructivos de un tsunami, al igual que las localidades más afectadas durante los tsunamis de 2010 y 2015, correspondientes a zonas bajas contiguas a desembocaduras de ríos. A pesar de haber sido afectada por dos tsunamis en cinco años, Concón muestra un constante crecimiento urbano muy alejado de un modelo de adaptación frente a un escenario propenso a tsunamis. Ante esta situación, este trabajo se propone conocer, mediante un estudio de vulnerabilidad física de la infraestructura urbana, cuáles son las debilidades físicas que hoy en día presenta el actual modelo de uso y crecimiento de la zona costera de Concón.

**VULNERABILIDAD Y ADAPTABILIDAD.**

Los estudios de vulnerabilidad pueden tomar diversos enfoques para analizar las distintas tipologías de vulnerabilidad. La vulnerabilidad física es uno de los principales componentes del diseño y planificación de comunidades resilientes (Koshimura y Shuto 2015), dado que permite describir el grado de preparación de éstas últimas ante posibles amenazas. A diferencia de otros estudios de riesgo y vulnerabilidad realizados recientemente en localidades afectadas por tsunamis en Chile,

este estudio se centra específicamente en determinar la vulnerabilidad física de edificaciones, para luego discutir medidas que pudieran revertirla. Los estudios disponibles analizan la vulnerabilidad desde sus tres dimensiones principales: física, socioeconómica y educativa, en conjunto con temáticas asociadas, como lo son la transformación territorial (Martínez et al. 2012), gestión de riesgos (Castillo et al. 2013) o en base a una asociación de factores específicos, tales como el socio-territorial (Flores y Martínez 2014), físico-natural (Ortiz et al. 2002) o físicos y socioeconómicos (Lagos 2012).

La adaptabilidad, por su parte, define la capacidad de los componentes de un sistema para construir resiliencia, con miras a tener una mejor respuesta ante futuras perturbaciones, reducir daños y permitir una recuperación más rápida en futuros desastres (Walker et al. 2004). En este contexto, se entiende la adaptabilidad post-tsunami como la capacidad de un asentamiento para reinterpretar el territorio y la infraestructura urbana luego de ser éstos afectados por un tsunami destructivo. La adaptabilidad estará condicionada a la capacidad de respuesta de la comunidad local, existiendo diversas variables a través de las cuales se puede desarrollar, tales como el trazado urbano, tipologías estructurales y sistemas constructivos.

**ZONA DE ESTUDIO.** La zona de estudio corresponde a la franja costera de la comuna de Concón, emplazada en el sector sur de la desembocadura del Río Aconcagua, donde se ha desarrollado un polo turístico ligado a actividades recreativas y gastronómicas (imagen 1). Esta zona va desde el borde ribereño sur de la desembocadura del río Aconcagua hasta el límite poniente de la Playa La Boca, incluyendo toda aquella infraestructura urbana contenida en ambos lados de la avenida Borgoño (imagen 2). Esta zona ha incrementado considerablemente su uso en los últimos 10 años, debido, en parte, a las buenas condiciones para la práctica del surf y a la alta oferta gastronómica existente (imagen 3). Se seleccionó esta área debido a la recurrencia de tsunamis, la alta concurrencia de turistas y el explosivo desarrollo comercial que ha tenido en los últimos años.

La comuna de Concón tiene una población estimada de 45.998 habitantes, con una densidad de 605 hab/km<sup>2</sup>, y una población urbana que alcanza el 98% (Ilustre Municipalidad de Concón 2010). Es, además, parte del destino turístico Valparaíso - Viña del Mar - Concón, el cual sólo durante el primer semestre de 2016 recibió una cifra de visitas cercana a las 750.000, muchas de las cuales tuvieron como destino la comuna de Concón (Instituto Nacional de Estadísticas

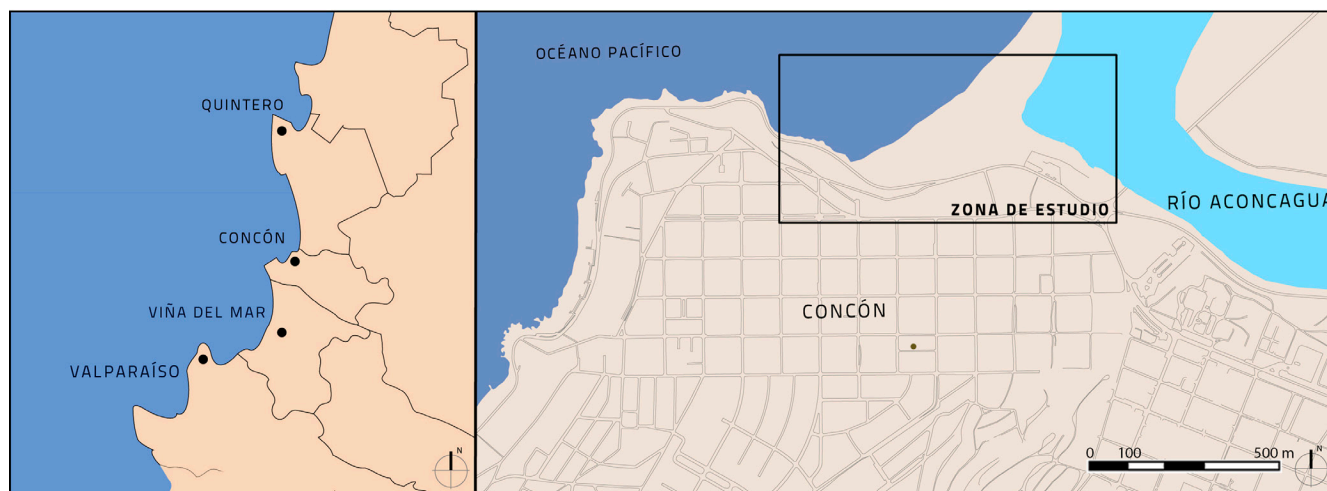


Imagen 1. Zona de estudio: Sector La Boca, Concón, región de Valparaíso (Fuente: El autor).

2017). Este alto número de visitantes incrementa considerablemente la población flotante durante el período estival y fines de semana festivos. Junto con el aumento de población, se produce un aumento en la oferta de servicios turísticos. Con la mayoría de actividades y servicios turísticos concentrados en la costa, el incremento esporádico de población supone un cambio constante en el uso de la zona de estudio y una exposición al riesgo de inundación por tsunami.

Tanto el tsunami de 2010 como el de 2015 generaron daños en el equipamiento turístico. El tsunami de 2015 demostró la vulnerabilidad de la infraestructura deportiva y turística desplegada en el sector de Playa La Boca (imagen 4). En esa ocasión, la inundación producto del tsunami alcanzó alturas cercanas a los cuatro metros, generando daños considerables en las construcciones de material liviano próximas a la línea costera (Contreras-Lopez et al. 2016).

**METODOLOGÍA.** El estudio de vulnerabilidad física se llevó a cabo usando la tercera versión del modelo de medición de vulnerabilidad ante tsunami de Ppathoma PTVA-3 (Dall'Osso 2009). Esta herramienta de medición de vulnerabilidad para infraestructura costera permite analizar las diversas variables que influyen en la vulnerabilidad de una edificación. Además, permite obtener un índice relativo de vulnerabilidad (RVI, por su nombre en inglés). Se aplicó la herramienta de medición de vulnerabilidad PTVA-3 en la zona seleccionada de la comuna de Concón, usando como escenario de tsunami los datos de profundidad de inundación entregados por la carta Carta de Inundación por Tsunami (CITSU) para la comuna de Concón, instrumento elaborado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, conocido por su sigla como SHOA (SHOA 2017). Este escenario de inundación se basa en el tsunami de 1730, el cual afectó con gran intensidad a la región de Valparaíso, destruyendo diversas ciudades y localidades costeras (Udias et al. 2012).



Imagen 2. Sector turístico La Boca, Concón (fuente: El autor).



Imagen 3. Playa La Boca, Concón (fuente: El autor).



Imagen 4. Edificación destruida durante tsunami 2015, Sector La Boca, Concón (fuente: Patricio Winckler).

Se registraron todas las edificaciones existentes en la zona de estudio que contienen un interior cerrado y que cumplen una función residencial, comercial o de servicios, contabilizándose un total de 149 edificaciones. Los atributos físicos se obtuvieron mediante encuestas *in situ*, y a partir de ellos se calculó el índice relativo de vulnerabilidad para cada edificación. Estos valores fueron llevados a un mapa de vulnerabilidad física para la comuna de Concón. Para la elaboración de este mapa se midieron y georeferenciaron las edificaciones encuestadas y, luego, cada edificación fue representada mediante un polígono que contiene su perímetro. Posteriormente, se trazaron los polígonos en un mapa de elaboración personal, donde se les asignó un color según el índice relativo de vulnerabilidad obtenido para cada edificación, siguiendo las tonalidades sugeridas por PTVA-3 (Dall'Osso 2009).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN. Índice Relativo de Vulnerabilidad (RVI)

El escenario de inundación presentado por la carta de inundación CITSU para esta zona de la comuna de Concón muestra profundidades de inundación que varían entre los dos a seis o más metros, cubriendo totalmente la zona de estudio. En este escenario, la mayoría de las edificaciones resultarían parcial o totalmente inundadas, describiendo un alto nivel de exposición a inundación por tsunami. De las 149 edificaciones analizadas, un 78% corresponde a uso comercial y de esparcimiento, principalmente restaurantes, comercio y servicios asociados a actividades turísticas. Mientras tanto, el 19% de las edificaciones encuestadas tiene un uso residencial. El 3% restante tiene un uso mixto entre comercial y residencial. Las edificaciones de uso comercial y servicios describen un uso esporádico, el cual decae en la temporada de invierno, con excepción de los servicios gastronómicos y escuelas de surf que funcionan durante todo el año. La imagen 5 muestra el índice relativo de vulnerabilidad (RVI) para las edificaciones estudiadas dentro de la zona de inundación, además de las profundidades de inundación. Esta figura establece que un alto porcentaje de edificaciones (68,9%) clasifica como con un índice de vulnerabilidad 'muy alto', representando la tendencia en la zona de

estudio. Estas edificaciones corresponden, principalmente, a las emplazadas en el área norte de la avenida Borgoño. De las edificaciones restantes, un 10,8% clasifica con un RVI 'alto', mientras que un 7,4% clasifica como 'promedio' y un 8,2% 'moderado'. Sólo un 4,7% de las edificaciones estudiadas tiene una clasificación de RVI 'menor'. En cuanto a los atributos físicos y constructivos de las edificaciones, se tiene una mayoría de edificios de un piso, construidos principalmente en madera, con fundaciones superficiales o de profundidad normal. Existe una tendencia a un uso intensivo de los primeros pisos, los cuales están, en su mayoría, cerrados, condición que impide el flujo de agua a través de la estructura en una inundación por tsunami, describiendo una pobre forma hidrodinámica. Por otro lado, existe un bajo grado de protección de las edificaciones producto de la inexistencia de barreras de mitigación de tsunamis construidas próximas a la línea costera. Esta situación incide en los altos índices de vulnerabilidad que muestran las edificaciones emplazadas en la zona de estudio. El diagnóstico de vulnerabilidad física obtenido muestra un alto nivel de vulnerabilidad en las edificaciones que contienen las principales actividades recreacionales. Si bien las edificaciones

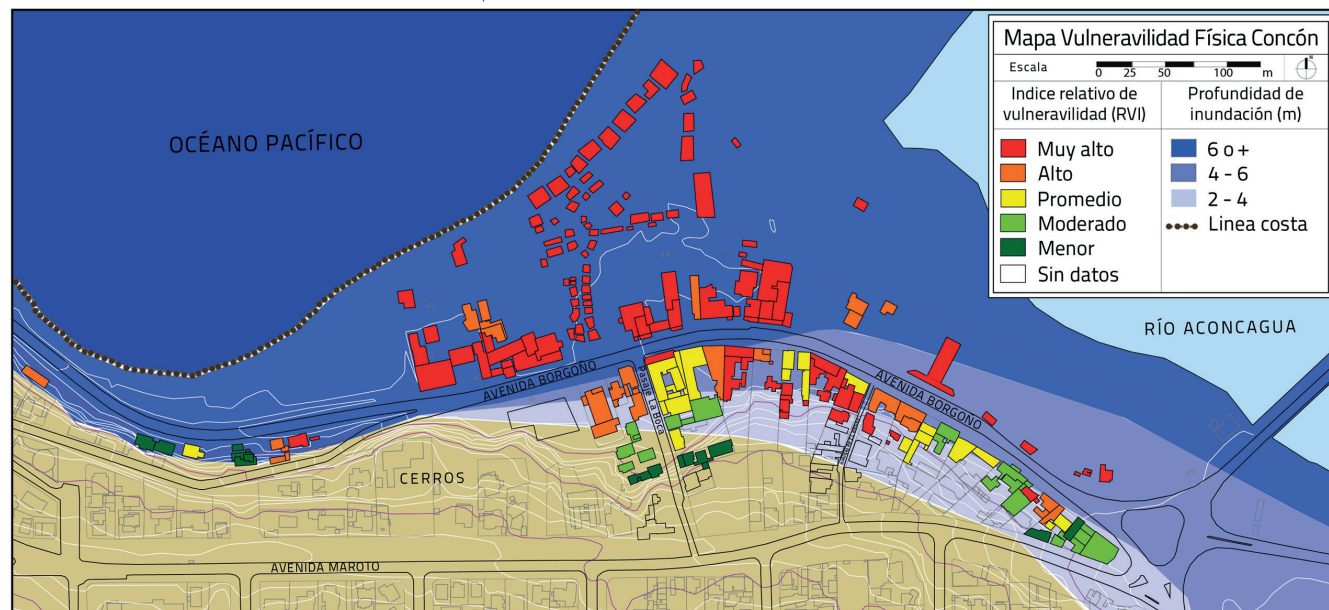


Imagen 5. Mapa de Vulnerabilidad física, Sector La Boca, Concón (fuente: El autor).

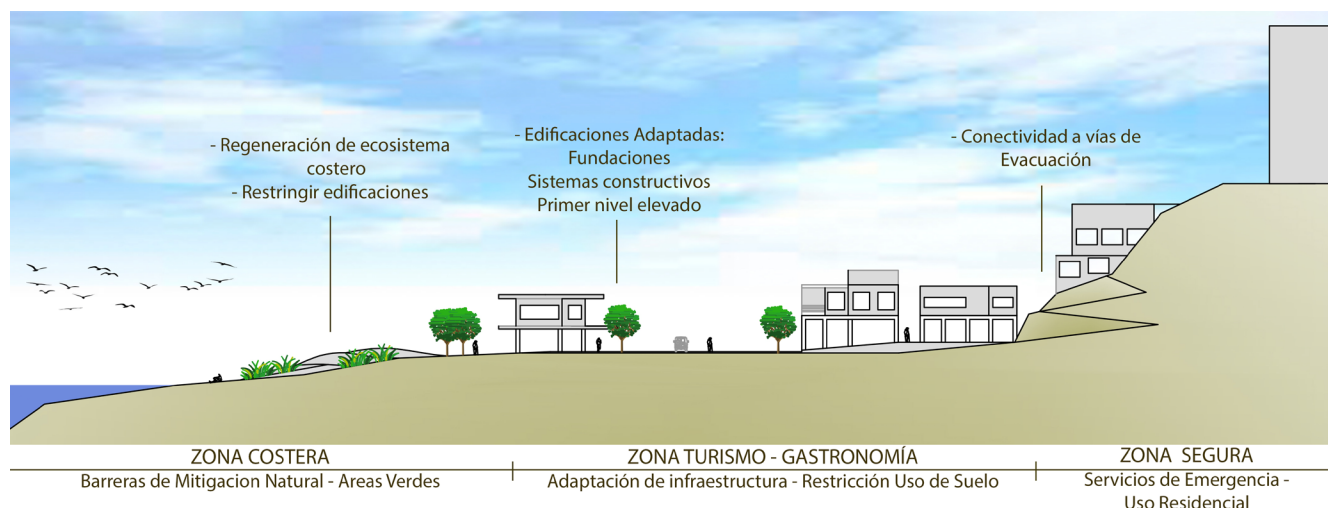


Imagen 6. Diagrama de Estrategia de Adaptabilidad para Concón (fuente: El autor).

de la primera línea muestran elementos estructurales adaptados, la exposición, sistemas constructivos y falta de medidas de protección las hacen describir un alto índice de vulnerabilidad. Esto lleva a suponer que en un peor escenario hipotético, en un día de verano y en un horario de uso intensivo, con un sismo y tsunami de características similares al de 1730, se tendrían consecuencias mucho mayores que aquellas producto de los tsunamis de 2010 y 2015. Se debe considerar que en el tsunami de 2015, en localidades próximas al epicentro, testigos declararon la llegada inmediata de olas de tsunami justo luego del término del sismo, por lo que se tuvo un tiempo de evacuación muy breve (Contreras-Lopez et al. 2016).

El Plan Regulador Comunal de Concón (PRC) define la zona de estudio emplazada al norte de avenida Borgoño como Zona de Litoral Marítimo, estableciendo que las construcciones que se levanten en esa zona deberán estar en función del uso de los recursos naturales, restringiendo el fin residencial, entre otros (Ilustre Municipalidad de Concón 2014). A pesar de las restricciones impuestas por el PRC, se constató la presencia de viviendas familiares en esta zona. Por otro lado, la zona contigua emplazada al sur de avenida Borgoño es definida por el PRC como Zona Turismo Centro, la cual, a pesar de la similitud de condiciones geográficas y

cercanía al mar, permite la existencia de viviendas, hospedajes y hogares de acogida, sin imponer condiciones especiales ante el riesgo de inundación por tsunami. Esta inconsistencia del PRC nos advierte de la necesidad de actualizar los instrumentos de planificación territorial en base a los riesgos naturales.

**Reducción de vulnerabilidad mediante adaptabilidad.** Se destaca la predominancia de construcciones de madera de un piso, con fundaciones superficiales y para uso comercial. Estas características podrían ser revertidas a través de la ordenanza de construcción local. Un caso referencial en Chile es aquel de la comuna de Pelluhue, donde las restricciones de la ordenanza mencionada promovieron la aparición de una tipología residencial adaptada al riesgo de tsunami (Igualt et al. 2017). En este contexto, la entrada en vigencia de la norma Nch3363<sup>4</sup> contribuiría a la adaptabilidad de estas edificaciones, debido a la necesidad de adaptar sus cualidades estructurales en áreas de riesgo de inundación por tsunami, lo que llevaría a una reducción considerable del índice de vulnerabilidad de las edificaciones analizadas en la parte norte de la zona de estudio.

Las estrategias de adaptabilidad más utilizadas y discutidas para localidades afectadas por inundaciones costeras

corresponden a protección, acomodación y relocalización de infraestructura vulnerable (Harman et al. 2015). Una estrategia de multiprotección que integre estas tres estrategias podría contribuir significativamente, ya que un sistema de protección multifuncional tendrá mayores posibilidades de absorber perturbaciones sin alterar sus funciones (Khew et al. 2015). Esta estrategia en Concón podría incluir, entre otras, el uso de barreras de mitigación artificiales y naturales, adaptación de edificaciones, restricciones de uso de suelo y evitar construir en zonas más expuestas (imagen 6). Diversas localidades afectadas por tsunamis han incorporado estrategias de multiprotección, destacando la localidad de Hilo, en Hawai í, quien lo hizo luego de su destrucción por los tsunamis de 1946 y 1960 (National Tsunami Hazard Mitigation Program 2001). Así, también podemos mencionar los modelos de adaptabilidad desarrollados recientemente para Sendai (Cyranoski 2012) luego del tsunami de Japón del año 2011. Una adaptación positiva de la zona costera de Concón debe cuidar la relación directa que existe física y visualmente con el mar. Finalmente, las modificaciones estructurales en edificaciones permitirían tener una mejor preparación y respuesta de las edificaciones ante futuros tsunamis, disminuyendo costos de reparación en comunidades afectadas.

<sup>4</sup> Norma titulada: Diseño estructural - Edificaciones en áreas de riesgo de inundaciones por tsunamis o seiche. De acuerdo al Instituto de la Construcción, esta norma "define los requisitos mínimos de diseño estructural para edificaciones que se construyan en zonas de riesgo de inundación por tsunamis o seiche" (Instituto de la Construcción s/f).

**CONCLUSIÓN.** A pesar de la recurrencia histórica de tsunamis en Concón, actualmente no existe una estrategia de uso territorial y de adaptación de la infraestructura costera que considere la posible llegada de un tsunami de mayor magnitud. Así mismo, hoy en día existe una muy baja adaptabilidad de las construcciones emplazadas en la zona de inundación por tsunami, lo que se refleja en la proximidad a la línea de costa y sistemas constructivos empleados, constituidos principalmente por materiales livianos. Estas características describen un alto grado de vulnerabilidad de la infraestructura física ante la ocurrencia de un tsunami con epicentro en la región de Valparaíso. Por este motivo, es necesario contar con estudios enfocados específicamente en conocer y caracterizar la vulnerabilidad física de la infraestructura existente, para luego proponer medidas que busquen reducir daños y fatalidades ante futuros eventos. Esta investigación determinó un alto grado de vulnerabilidad en las construcciones

que contienen las actividades turísticas y gastronómicas de la zona costera de Concón, constatando una persistencia de actividades comerciales y un incremento de servicios en la zona afectada por el tsunami de 2015. Se describieron, además, medidas de adaptabilidad que buscan reducir el grado de exposición de los primeros pisos y aumentar la forma hidrodinámica de las edificaciones, señalando distintas estrategias de adaptabilidad del borde costero expuesto a tsunami. Para el caso de Concón, se concluye que un diseño urbano adaptado a la realidad geográfica se sostiene a través de un reconocimiento del contexto como una estrategia de multiprotección, que no impida el uso y la vista al mar, considerando que obras diseñadas que modificaron la relación natural con el borde costero a través de muros u obras de gran presencia no sirvieron para bloquear un tsunami, como en el caso del tsunami de Japón 2011, como tampoco el uso de rellenos para reducir daños por inundación. Los desastres naturales como los tsunamis,

presentan una oportunidad de re-pensar el borde costero desde una perspectiva de preparación, mediante una adaptación a una nueva condición de vulnerabilidad. En el caso de Concón, a pesar de los daños en infraestructura, no se registraron cambios en el uso de la franja afectada. Al contrario, se procedió a una rápida limpieza y reparación de las edificaciones dañadas. Esta acción privó a los residentes y usuarios de un proceso de replanteamiento del uso de la franja costera, por lo que actualmente es posible apreciar un modelo de ocupación similar a aquel previo al tsunami de 2015, incluso con una mayor densificación de uso en el período estival. Futuras líneas de trabajo derivadas de la presente investigación podrían explorar, entre otras cosas, la capacidad de los instrumentos de planificación territorial para promover la adaptabilidad de zonas urbanas costeras afectadas por tsunamis, así como también la adaptabilidad de componentes estructurales para edificaciones emplazadas en zonas propensas a inundaciones costeras. **AUS**

## REFERENCIAS

- Castillo, E., Contreras, A., Ríos, R. y Quezada, J., 2013. "Evaluación de vulnerabilidad ante tsunami en Chile Central. Un factor para la gestión local del riesgo." *Revista geográfica venezolana*, 54, 1, 47-65.
- Contreras, M. y Winckler, P., 2013. "Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa central de Chile." *Obras y proyectos*, 14, 6-19.
- Contreras-López, M., Winckler, P., Sepúlveda, I., Andaur-Álvarez, A., Cortés-Molina, F., Guerrero, C., Mizobe, C., Igualt, F., Breuer, W., Beyá, J., Vergara, H. y Figueroa-Sterquel, R., 2016. "Field survey of the 2015 Chile tsunami with emphasis on coastal wetland and conservation areas." *Pure and Applied Geophysics*, 173, 2, 349-367.
- Cyranoski, D., 2012. "Rebuilding Japan: After the deluge." *Nature*, 483, 141-143.
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G. y Dominey-Howes, D., 2009. "A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage." *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 5, 1557-1565.
- Flores, P. y Martínez, C., 2016. "Factores de vulnerabilidad socioterritorial ante tsunami en Arauco, Chile Centro sur." *Tiempo y Espacio*, 33, 77-103.
- Harman, B., Heyenga, S., Taylor, B. y Fletcher, C., 2013. "Global lessons for adapting coastal communities to protect against storm surge inundation." *Journal of Coastal Research*, 31, 4, 790-801.
- Igualt, F., Breuer, W., Winckler, P. y Contreras-López, M., 2017. "Rehabilitación de centros urbanos afectados por el tsunami 2010 en la Comuna de Pelluhue, Chile." *Latin american journal of aquatic research*, 45, 4, 659-674.
- Ilustre Municipalidad de Concón, 2014. *Plan Regulador*. Disponible en: <http://www.concon.cl/comuna/plan-regulador.html>
- \_\_\_\_\_, 2010. *Datos Geográficos y Censales*. Disponible en: <http://www.concon.cl/inicio/censo.html#>
- Instituto de la Construcción, s/f. *INN aprueba cuatro nuevas normas con anteproyectos elaborados en IC*. Disponible en: <http://www.iconstruccion.cl/contenidos/noticias/inn-aprueba-cuatro-nuevas-normas-con-anteproyectos-elaborados-en-ic>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2017. *Cuadros Estadísticos de Alojamiento turístico I Semestre 2016*. Disponible en: <http://www.subturismo.gob.cl/wp-content/uploads/sites/18/2015/10/2016I102-Cuadros-Estad%C3%ADsticos-de-Establecimientos-de-Alojamiento-Tur%C3%ADstico-I-Semestre-2016.xlsx>
- Instituto Nacional de Normalización (INN) Chile, 2009. *Norma Chilena Oficial NCh433.Of.1999*. Modificada en 2009. *Diseño sísmico de edificios*. Disponible en: <http://tipbook.iapp.cl/ak/a871a9028e2d17e03ecbc8b26cef7a6b0b13b5/embed/view/minvu-nch00433-1996-047#page/1>
- \_\_\_\_\_, *Norma Chilena Oficial NCh2369.Of.2003. Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*. Disponible en: <http://tipbook.iapp.cl/ak/a871a9028e2d17e03ecbc8b26cef7a6b0b13b5/embed/view/minvu-nch02369-2003-047#page/1>
- Koshimura, S. y Shuto, N., 2015. "Response to the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami disaster." *Phil. Trans. R. Soc. A*, 373, 2053, 1-15.
- Khew, Y., Jarzebski, M., Dyah, F., San Carlos, R., Gu, J., Esteban, M., Aránguiz, R. y Akiyama, T., 2015. "Assessment of social perception on the contribution of hard-infrastructure for tsunami mitigation to coastal community resilience after the 2010 tsunami: Greater Concepcion area, Chile." *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 324-333.
- Lagos, M., 2012. "Zonificación del riesgo de tsunami en el centro-sur de Chile." *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, 7-21.
- Martínez, C., Rojas, O., Aránguiz, R., Belmonte, A., Altamirano, A. y Flores, P., 2012. "Riesgo de tsunami en caleta Tubul, Región del Biobío: Escenarios extremos y transformaciones territoriales posterremoto." *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, 85-106.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Gobierno de Chile, 2017. *Normas Técnicas OGUC*. Disponible en: <http://proveedores tecnicos.minvu.cl/5130-2/>
- National Tsunami Hazard Mitigation Program (NTHMP), 2001. *Designing for Tsunamis: Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards*. Disponible en: [http://nthmp-history.pmel.noaa.gov/Designing\\_for\\_Tsunamis.pdf](http://nthmp-history.pmel.noaa.gov/Designing_for_Tsunamis.pdf)
- Ortiz, J., Castro, C. y Escolano, S., 2002. "Procesos de reestructuración urbana y niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad de tamaño medio: La Serena, Chile." *Investigaciones geográficas*, 36, 17-41.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), s/f. *Cartas de inundación*. Disponible en: <http://www.shoa.cl/servicios/citsu/citsu.html>
- Udías, A., Madariaga, R., Buforn, E., Muñoz, D. y Ros, M., 2012. "The large Chilean historical earthquakes of 1647, 1657, 1730, and 1751 from contemporary documents." *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102, 4, 1639-1653.
- United States Geological Survey (USGS), 2015. *M8.3 - 48km W of Illapel, Chile*. Disponible en: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20003k7a#impact>
- Walker, B., Holling, C., Carpenter, S. y Kinzig, A., 2004. "Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems." *Ecology and Society*, 9, 2, s/p.