

Valoración de las áreas de riesgo por tsunami y potencial de evacuación: propuestas para la reducción del riesgo de desastres a escala local

INVESTIGADORES

CAROLINA MARTÍNEZ

Instituto de Geografía

ROBERTO MORIS

Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales

JORGE QÜENSE

Instituto de Geografía

Resumen¹

Diversos tsunamis destructivos en la zona costera de Chile han generado graves impactos económicos y sociales en los últimos años. Es necesario que la valoración de las áreas de riesgo y el establecimiento del potencial de evacuación por tsunami en las zonas costeras se incorporen integralmente a la formulación de los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), a las herramientas de gestión territorial y a la evaluación técnico económica de las inversiones públicas del el país. El presente trabajo tiene por objetivo realizar propuestas que contribuyan a perfeccionar los mecanismos mediante los cuales se abordan los estudios de base que se acompañan para el establecimiento de las áreas de riesgo en los planes reguladores y que configuran los planes de emergencia y evacuación y, particularmente, avanzar en la estandarización de metodologías para modelación de la amenaza de tsunami y del potencial de evacuación. Para ello se siguió un proceso metodológico que incluyó recopilación de antecedentes, análisis de institucionalidad y normativa, revisión del estado del arte respecto a metodologías y entrevistas a expertos del ámbito de la consultoría y de contrapartes públicas. Así se generaron propuestas en política pública enfocadas en tres áreas clave, fuertemente relacionadas entre sí: institucionalidad, instrumentos y metodologías. En pri-

1 Esta propuesta fue presentada en un seminario realizado el 18 de noviembre de 2016, en el que participaron como panelistas Juan Piedra, jefe de la Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático de ONEMI, y Alberto Parra, coordinador del Programa de Gestión del Riesgo de Desastres del PNUD.

mer lugar, la propuesta en institucionalidad busca establecer una continuidad acelerada de los procesos de modernización institucional actualmente vigentes. En segundo lugar, la propuesta de instrumentos, contempla definir claramente las prácticas y el marco legal, y la separación de procesos de análisis entre componentes técnicos y políticos. Y en tercer lugar, la propuesta en metodologías, aborda el acceso de la información para los estudios, la definición de metodologías estandarizadas a diferente nivel y la capacitación de las contrapartes, entre otras.

Introducción

Los tsunamis son unos de los fenómenos naturales que generan mayor afectación al desarrollo humano, debido a su alto poder destructivo. Solo en la última década, seis tsunamis violentos se generaron en la cuenca del Pacífico causando la muerte a más de 300.000 personas y una amplia devastación en los asentamientos humanos costeros de 17 países (Løvholt, et al., 2014). Debido a su localización geográfica, Chile presenta una alta recurrencia histórica de sismos tsunamigénicos que han provocado una amplia devastación en las localidades costeras (Lockridge, 1985; Lagos, 2000). En los últimos seis años, el Estado chileno ha debido enfrentar tres procesos de reconstrucción con posterioridad a los terremotos de Maule en 2010, de Pisagua en 2014 y de Illapel en 2015.

El elevado costo social y económico que ha generado la materialización de tsunamis destructivos, demuestra que es ineludible incorporar integralmente la gestión del riesgo de desastres en las políticas públicas relacionadas a la planificación territorial y urbana, y a la administración y gestión específica de los territorios, con el fin de reducir las condiciones de riesgo existentes y futuras. El rol de la planificación territorial para el desarrollo a largo plazo y prevención de los desastres ha sido destacado en el Marco de Acción de Hyogo (2005) y de Sendai (2015). En este último, se enfatizó la necesidad de construir resiliencia social como vía efectiva para reducir el impacto de los desastres y en los mecanismos que los IPT tienen para dirigir la ocupación del territorio y guiar los procesos de evaluación de relocalizaciones post-desastre que permitan evitar nuevas y recurrentes situaciones de catástrofe.

Es de vital importancia fortalecer la incorporación de la gestión del riesgo en los IPT a escala local, mediante criterios estandarizados que permitan orientar el uso del territorio considerando el riesgo de tsunamis, y a su vez, una adecuada preparación de la comunidad, con énfasis en la evacuación frente a la amenaza. La planificación territorial en Chile tiene un enfoque particularmente normativo, donde los planes reguladores comunales e intercomunales son los encargados de definir zonas de riesgo y normas urbanísticas. Dichas zonificaciones se realizan a partir del desarrollo de estudios fundados de riesgo que caracterizan amenazas específicas en los territorios urbanos. No obs-

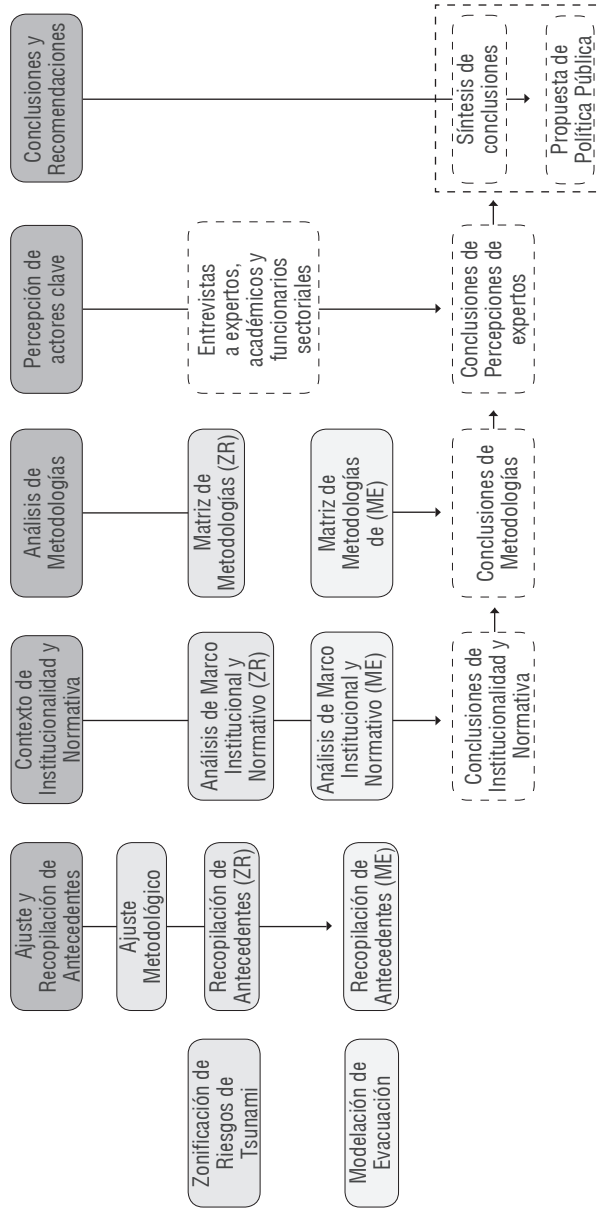
tante, en la actualidad estos estudios no cuentan con un marco de referencia que defina sus alcances, la forma de ejecutarlos y las metodologías posibles de utilizar. De este modo, en un escenario de perfeccionamiento respecto a la consideración de los riesgos en los IPT, será necesario definir un marco de referencia con estándares nacionales que permitan formalizar la definición de zonas de riesgo. Por otro lado, en el marco indicativo, existe una urgente necesidad de incorporar criterios para establecer el potencial de evacuación frente a tsunamis en los planes comunales de emergencia, lo cual ayudaría a reducir el riesgo de desastre al considerar elementos importantes, tales como las características físicas del terreno, la velocidad de evacuación de las personas según su edad, la configuración de las calles, entre otras.

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo principal la generación de propuestas que permitan perfeccionar los mecanismos en que se determinan las áreas de riesgo en los planes reguladores y que configuran los planes de emergencia y de evacuación. En términos específicos, el estudio se ha planteado avanzar en la estandarización de metodologías para modelación de la amenaza de tsunami y del potencial de evacuación. Si bien el Estado ha venido invirtiendo más recursos en la generación de estudios para la definición de zonas de riesgo en los IPT, no existe un marco de referencia que indique cómo deben realizarse estos análisis y que permita asegurar el uso efectivo de los recursos públicos. Por otro lado, los planes de evacuación se encuentran en un escenario normativo e institucional aún más débil, casi sin definiciones formales. Asumiendo que actualmente se ha avanzado en definir lineamientos, componentes y criterios mínimos mediante la creación de una guía de referencia², el presente estudio propone identificar las metodologías de modelación que podrían ser parte de un próximo proceso de formalización.

Para cumplir con la propuesta de perfeccionamiento, se siguió un proceso metodológico que consta de cuatro etapas, a partir de las cuales se obtuvo una serie de conclusiones que son la base de las propuestas en política pública (Figura 1). Una primera etapa de recopilación de antecedentes bibliográficos (artículos científicos, estudios de riesgo entre otros) y legales (leyes, decretos y normativas). Una segunda etapa de análisis de la situación actual respecto a la institucionalidad y normativa aplicada al problema de estudio. Una tercera etapa de análisis metodológico una revisión del estado del arte actual, nacional e internacional, respecto a la zonificación del riesgo de tsunami y modelación de escenarios de evacuación. Finalmente, se realizaron entrevistas a expertos, académicos y funcionarios provenientes de la esfera pública, privada y académica, para recoger sus experiencias y conocimientos en la materia.

2 Guía de referencia para sistemas comunales de evacuación por tsunami desarrollada por mesa intersectorial entre Onemi, Minvu, Cigiden y otros.

FIGURA 1. Estructura metodológica del estudio



Fuente: elaboración propia.

Antecedentes y diagnóstico

1. Descripción del problema

La valoración de las áreas de riesgo y el establecimiento del potencial de evacuación frente a tsunami en las zonas costeras son procesos que no se encuentran adecuadamente incorporados en los instrumentos de planificación y de gestión existentes en el país. La ausencia de criterios y metodologías estandarizadas no ha permitido valorar debidamente las áreas de riesgo en los instrumentos normativos, así como tampoco el potencial de evacuación frente a la amenaza de tsunami en los de carácter indicativo, lo que finalmente repercute en la calidad y alcances de la información obtenida para planificar las comunas costeras. Sin duda, la falta de una apropiada planificación territorial en materia de riesgos, junto a la débil institucionalización de la prevención, tanto en las capacidades institucionales, participación ciudadana como en una adecuada educación y capacitación en todas las esferas, ha provocado que frente a la materialización de recientes terremotos tsunamigénicos, el Estado haya tenido que incurrir en elevados costos de reconstrucción, junto con tener que asumir las graves consecuencias en términos de pérdidas humanas y de infraestructura.

2. Antecedentes del problema

La localización geográfica de Chile, frente a la zona de subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, ha sido la responsable de la ocurrencia de una gran cantidad de terremotos destructivos y de sus consecuentes tsunamis. Chile es el país más sísmico del planeta, comparable solo con Japón (Lomnitz, 2004), denominación obtenida de las características del margen convergente y las consecuencias derivadas de su dinámica, las que se resumen en la Tabla 1.

TABLA 1. Características sísmicas del territorio chileno

Características	Descripción
Alta tasa de convergencia interplaca	La placa oceánica de Nazca subduce bajo la placa Sudamericana aproximadamente 65 mm/año en el norte, mientras hacia el sur se estima que lo hace a 80 mm/año, en una dirección N78°E (Pardo, et al., 2002; Omira, et al., 2016). La rapidez de movimiento de una placa respecto a la otra, produce acoplamientos intersísmicos (fase intersísmica) en donde se acumula una gran cantidad energía elástica que se libera rápidamente (fase cosísmica) mediante la ocurrencia de grandes terremotos como los registrados en el territorio chileno (Métois, et al., 2012).
Grandes terremotos interplaca	En promedio, en Chile se produce un terremoto de magnitud superior a 8° cada 10 años (Barrientos, et al., 2004). Dentro de dicha estadística, se encuentra el terremoto más grande del que se tenga registro histórico, ocurrido el 22 de mayo de 1960 con magnitud estimada Mw 9,5 y que desplazó un área aproximada de 1.000 kilómetros de norte a sur y 150 kilómetros de este a oeste (Cisternas, et al., 2005).
Generación de tsunamis altamente destructivos	Cuando se produce el desplazamiento de una placa tectónica respecto a la otra, se produce el levantamiento de una columna de agua equivalente al volumen desplazado. Históricamente, las ondas generadas por terremotos pasados se han propagado tanto hacia las costas chilenas como a través del Océano Pacífico, afectando severamente a los países localizados en su cuenca, incluyendo lugares lejanos como Japón y Hawai (Estados Unidos). La inundación por tsunamis se ve beneficiada por las características geomorfológicas y batimétricas de la costa, además del estado de la marea y la rugosidad en superficie (Lagos, 2000; Theilen-Willige, 2008).

Fuente: elaboración propia.

En este contexto geográfico, en los últimos seis años tres terremotos de magnitud superior a ocho se han producido en diferentes segmentos de dicha zona de subducción, generando tsunamis altamente destructivos que han afectado una parte importante del territorio nacional. El primero y más destructivo de ellos se produjo el 27 de febrero de 2010, con una magnitud de Mw 8,8³, afectando gran parte del centro-sur de Chile, cuyo tsunami causó un tercio de las víctimas totales y una importante cantidad de pérdidas en viviendas e infraestructura (Contreras & Winckler, 2013). Cuatro años después, en 2014, el extremo norte fue afectado por un terremoto Mw 8,1, que provocó un tsunami de impacto local pero cuyos efectos generaron importan-

³ Magnitud del momento sísmico (Mw), es un tipo de cálculo de la magnitud del terremoto que usa una serie de parámetros macrosísmicos (área desplazada, deslizamiento, rumbo, echado, ángulo, profundidad) para establecer la cantidad de energía liberada y consecuentemente la magnitud de un evento. Se diferencia de la escala de magnitud convencional (M) en que esta última se satura y no estima correctamente la energía liberada cuando el terremoto presenta una ruptura superior a la longitud de las ondas sísmicas usadas, mientras que la magnitud del momento sísmico al basarse en parámetros físicos es estable para el cálculo de terremotos de gran magnitud (Kanamori, 1977).

tes daños en la ciudad de Iquique y localidades cercanas. El último de estos tres terremotos, se produjo el 16 de septiembre de 2015 en las cercanías de la ciudad de Illapel con una magnitud de Mw 8,3, provocando un tsunami altamente destructivo que afectó severamente la ciudad de Coquimbo y la localidad costera de Tongoy.

Históricamente en Chile, grandes terremotos y sus consecuentes tsunamis han generado importantes pérdidas en términos económicos, especialmente por la elevada exposición de infraestructura y bienes en zonas costeras, provocada por la escasa regulación de los usos de suelo desde el punto de vista del riesgo. Los tres eventos mencionados han comprometido un elevado gasto para el Estado, tanto para cubrir la emergencia inmediata, como para la recuperación y reconstrucción posterior. El terremoto y tsunami de Maule es el que ha producido las mayores pérdidas económicas hasta la fecha, estimadas en 30.000 millones de dólares, con una pérdida del PIB equivalente a 26% de dicho monto (SVS, 2012; EM-DAT, 2016). Por su lado, las pérdidas económicas de los otros dos eventos son bastante elevadas, sobre todo las producidas en la costa de la cuarta región (1.000 millones de dólares), considerando el alcance más bien local de dicho desastre (EM-DAT, 2016).

Así, a partir de las graves consecuencias del terremoto de 2010 el Estado de Chile visualizó la relevancia de mejorar la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en el marco institucional y normativo aplicado a los IPT, con la finalidad de reducir el impacto de futuros eventos. De este modo, considerando la necesidad de que el Estado cuente con herramientas que le permitieran reaccionar con mayor celeridad en situaciones de emergencia y reconstrucción, se promulgó en mayo de 2012 la Ley N° 20.582 que modifica las normas legales de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC, DFL 458 de 1975) para favorecer la reconstrucción y las disposiciones sobre planes reguladores existentes en la Ley N° 16.282 sobre sismos y catástrofes. Esta normativa da cuenta de un procedimiento excepcional para la formulación y modificación de IPT en zonas declaradas de catástrofe, donde los municipios podrán solicitar su aprobación mediante decreto supremo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), en un periodo de tiempo no superior a dos años a partir de la declaración. Por otro lado, cabe destacar que en 2011 se incorporó explícitamente el riesgo de inundación por tsunami en la normativa (Art. 2.1.17 OGUC de 2011).

3. Contexto institucional actual

La catástrofe de 2010 detonó una serie de iniciativas públicas para perfeccionar los IPT en lo relativo a las áreas de riesgo. Entre ellas destacan los estudios de multiamenaza desarrollados por la Universidad Católica y la Universidad de Biobío por encargo de la Subsecretaría de Desarrollo Regional (Subdere). Por su lado, el Minvu implementó un programa de actualización

de estudios de riesgos en los planes reguladores de las comunas afectadas, mediante financiamiento para la formulación y modificación de IPT (cartera especial de reconstrucción) en el contexto de la Ley N° 16.282, para aquellas comunas que lo requirieron y cumplieron con los requisitos de dicha ley. Si bien estos esfuerzos permitieron contar con información actualizada sobre las amenazas, la tramitación de los instrumentos actualizados fue menos exitosa, en parte debido a los IPT tramitados no cumplían con los requisitos establecidos.

Actualmente, existe una agenda de planificación territorial y riesgos en desarrollo, con una serie de lineamientos transversales a diferentes ámbitos de acción pública, cuyo propósito es avanzar hacia una adecuada gestión en todo el ciclo del riesgo. En este marco, se conforma el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (Cigiden) que, como parte de su trabajo en factores subyacentes del riesgo, ha planteado una agenda de perfeccionamiento de la planificación territorial y la gestión de riesgos. Esta agenda, que ha venido siendo trabajada con el sector público y expertos en planificación territorial, incidió en la generación de una primera fase de reformas que vendrán a perfeccionar la Ordenanza de Urbanismo y Construcciones (OGUC) en lo relativo a la zonificación de riesgos. Este proyecto denominado Decreto Supremo sobre Reconstrucción⁴ se encuentra en proceso de tramitación. En una segunda fase de reformas se debería avanzar en el perfeccionamiento de los mecanismos de análisis y definición de zonas de riesgos.

Estas gestiones se han desarrollado paralelamente a la nueva Política de Gestión de Emergencias y Protección Civil, que pone al país en coherencia con el Marco de Hyogo y el Marco de Sendai. Sin embargo, la mayor transformación estructural es la relacionada con la materialización del proyecto de ley que crea el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, que sustituirá a la Oficina Nacional de Emergencia (Onemi) y configurará una nueva institucionalidad en la gestión de riesgos, creando nuevas estructuras de coordinación e instrumentos a escala nacional, regional y local.

En cuanto a los avances respecto a los planes de emergencia y de evacuación, recientemente se ha publicado la “Guía de referencia para sistemas comunales de evacuación por tsunami”, que materializa el trabajo intersectorial entre MInvu, Onemi y Cigiden⁵. La guía es un instrumento de carácter referencial, no normativo, que define una serie de pasos prácticos para la

4 En trámite en la Contraloría General de la República.

5 También trabajaron en la mesa interinstitucional la Subdere y el Ministerio de Energía

planificación y estándares para la habilitación de los componentes del sistema de evacuación por tsunami⁶ a incorporar en los planes comunales de emergencia. El objetivo principal es que los municipios costeros puedan planificar y/o replantear sus actuales sistemas de evacuación y habilitar las obras que los componen, entregando lineamientos respecto a las condiciones mínimas, deseables, ideales y no deseables. Se entiende que una correcta planificación e implementación de sistemas de evacuación por tsunami permitirá, en caso de concretarse la amenaza, salvar al mayor número de vidas posible. De ahí la relevancia del documento, en términos que define lineamientos que no habían sido considerados en el país hasta el momento.

Por otro lado, la gestión del riesgo ha sido incluida en la reciente Política Nacional de Desarrollo Urbano⁷ (PNDU), mediante el diagnóstico del medio físico natural y la identificación y caracterización de las amenazas existentes en el territorio, cuyo objetivo es establecer las potenciales restricciones al desarrollo urbano por componente de riesgo. Dichas restricciones deben ser consideradas e incluidas en los IPT normativos a escala intercomunal y comunal.

Finalmente, otro instrumento de planificación que ha incorporado la gestión del riesgo a un nivel macro y regional han sido los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT), mediante la gestión de los Gobiernos Regionales (GORE) en la generación de estudios y diagnósticos que puedan ser incorporados en los planes, tal como se hizo en la región de Coquimbo mediante el proyecto Proteger (Serplan, 2010; Subdere, 2011). No obstante, la materialización de dichos planes aún se encuentra en desarrollo (Cordero, 2011).

4. Diagnóstico

Es innegable que con posterioridad al año 2010 se ha avanzado en la consideración de los riesgos en los instrumentos de planificación y gestión territorial. La recurrencia de eventos ha puesto de manifiesto que los gastos que se hagan en gestión del riesgo siempre van a ser inferiores a los necesarios para la recuperación y reconstrucción. No obstante, hasta el día de hoy existen una serie de problemas (ambigüedades y omisiones principalmente) en el marco institucional y legal vigente en cuanto a las definiciones conceptuales, procedimientos y responsabilidades, tanto en referido a la zonificación de riesgos como a la consideración de la evacuación. Un aspecto básico que no

6 Es el conjunto de elementos que permiten la evacuación horizontal o vertical de la población ante una alerta o alarma de tsunami, compuesto por vías de evacuación, zonas seguras y puntos de encuentro.

7 Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU), de carácter indicativo, cuyo objetivo es orientar el desarrollo de los asentamientos humanos de la región, en lo referente a grados de habitabilidad del territorio, condiciones para la instalación de nuevos asentamientos urbanos, y estructuración del territorio regional para la gestión del desarrollo urbano.

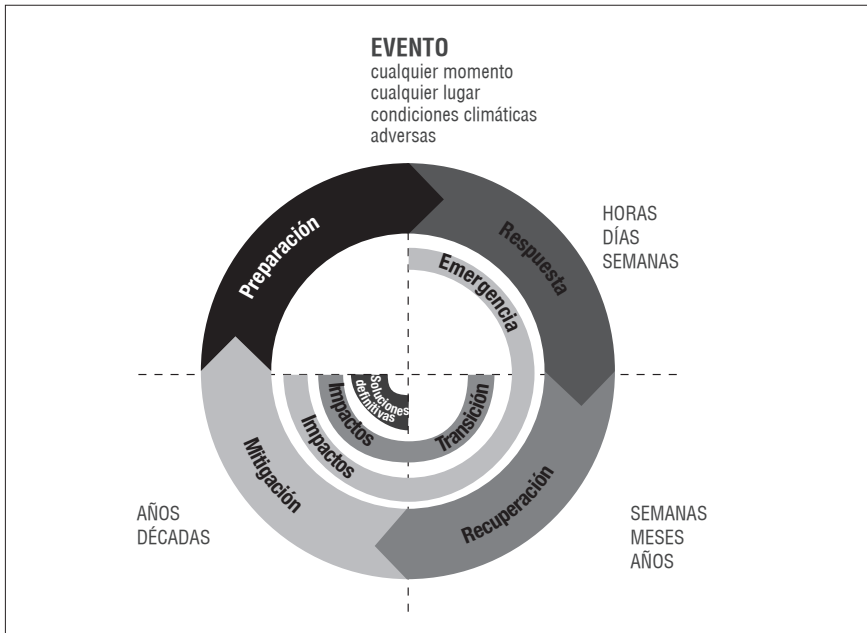
se ha precisado satisfactoriamente es la diferenciación entre el concepto de amenaza y riesgo, los que aún siguen siendo utilizados indistintamente. La consecuencia más notoria de dicha imprecisión, es que en la normativa, la definición de zonas de riesgo está realmente fundada en la espacialización de amenazas, sin incorporar la evaluación de la vulnerabilidad en sus diferentes esferas (física, social, económica y ambiental), como debería realizarse si fuera una verdadera definición de áreas de riesgo. Considerando los alcances del presente trabajo, especialmente en relación a las propuestas en materia de institucionalidad e instrumentos, se ha optado por seguir usando el término riesgo para ser coherente con el contexto legal y normativo actualmente vigente, si bien hay que tener en consideración que se está haciendo referencia a la amenaza como tal. Por otro lado, en el ámbito operativo, no se ha avanzado satisfactoriamente en la definición de criterios mínimos y metodologías estandarizadas para la consideración del riesgo de tsunami en instrumentos de planificación y gestión territorial, lo que ha traído como consecuencia que en la actualidad exista una diversidad de instrumentos en cuanto a calidad y escala de detalle, lo que claramente repercute en la capacidad local de reducir el riesgo.

Resultados

1. Contexto institucional y normativo

Como ya se ha indicado anteriormente, el Gobierno está tramitando el proyecto de ley que sustituye a la Onemi por un Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. El proyecto da cuenta del interés por abordar el ciclo del riesgo más allá del tradicional foco de la emergencia, bajo una aproximación multisectorial. Si bien esta orientación está en concordancia con los lineamientos internacionales, el caso chileno parece aún no ser capaz de reconocer el rol que tendrán las diversas instituciones públicas y privadas en la gestión del ciclo del riesgo. Uno de los puntos más relevantes a considerar es la incidencia de las acciones tomadas en cada fase en el condicionamiento de las siguientes y cómo acciones en las primeras horas inciden en procesos que toman meses y años (Figura 2).

FIGURA 2. **Ciclo de riesgo**



Fuente: actualizado de Moris & Ketels, 2014.

Por su parte, el proyecto de ley establece que la elaboración de los mapas de riesgos⁸ quedará a cargo del nuevo servicio, para todas las escalas de aplicación y tipos de instrumentos de planificación, incluyendo planes de ordenamiento territorial y planes reguladores. Esta situación implicaría una radical transformación en la manera de estudiar y gestionar el territorio, bajo las deliberaciones de un Comité de Ministros ad hoc a las materias tratadas. Asimismo, este servicio sería el encargado de crear los instrumentos de gestión para la respuesta en diferentes niveles, es decir, los planes de emergencia y evacuación a nivel nacional, regional, provincial y comunal, los que serían creados y aprobados por los respectivos comités de Gestión de Riesgos y Emergencias.

Complementario a lo anterior, en el citado Decreto Supremo sobre Reconstrucción que modifica la OGUC, se plantea adecuar sus normas a la Ley N° 20.582. Dicho decreto incluye una serie de modificaciones a aplicar en

8 La zonificación de riesgos propuesta en el proyecto de ley hace referencia a la creación de instrumentos de diagnóstico de los riesgos y los efectos de éstos, así como la representación gráfica de la distribución espacial de los efectos, considerando el grado de vulnerabilidad de una comunidad y de los elementos y sistemas existentes. En este sentido, los mapas de riesgos propuestos en el proyecto de ley serían más completos que la zonificación generada en los estudios fundados de riesgo.

los IPT, tomando en consideración las experiencias recogidas post-terremoto de 2010 y eventos de 2014. La modificación complementa y detalla lo que es un estudio de riesgos y las áreas de riesgo, esta última, en cuanto a los riesgos considerados, procedimientos y normas especiales. En cuanto a las áreas de riesgos, la propuesta de modificación ampliaba el horizonte de riesgos posibles a ocho⁹, a diferencia de la OGUC vigente que apenas considera cuatro¹⁰ y que no están suficientemente explicados. A su vez, la modificación señala que el estudio de riesgo identificará las áreas expuestas a amenazas naturales y antrópicas conforme a cinco grados de susceptibilidad al riesgo, a partir de los cuales se establecerán distintas limitaciones en el plan regulador, desde la aplicación de normas urbanísticas, obras de mitigación hasta el establecimiento de zonas no edificables.

Cabe destacar que el decreto exige que en las áreas de riesgo de inundación por tsunami, las solicitudes de permisos deberán incluir cómo el diseño y la estructura del proyecto mitigarán sus efectos.

Este escenario de modificación del artículo 2.1.17 de la OGUC es un avance sustancial en relación al artículo actualmente vigente, sobre todo en la ampliación en la definición y cantidad de riesgos considerados, la definición y diferenciación entre áreas y áreas de riesgo y la incorporación de grados de riesgo, tal como se puede observar en la Tabla 2.

TABLA 2. **Marco legal de la zonificación de riesgos: Art. 2.1.17 y modificaciones**

Art. 2.1.17 OGUC Vigente	Art. 2.1.17 OGUC Escenario de modificación
Ambigüedad conceptual respecto a riesgo y amenaza	Mayor definición de riesgo y amenaza, pero se mantiene la denominación "riesgo" al referirse a "amenaza"
Insuficiente detalle del tipo de riesgos	Se amplía la definición y cantidad de tipos de riesgos posibles de incorporar a los IPT
Indefinición de áreas de riesgo y zonas de riesgo	Se avanza en la definición de áreas de riesgo y zonas de riesgo
Falta de valoración y grados de riesgo	Se incorpora el concepto de susceptibilidad y la asignación de grados
Indefinición de estudio fundado de riesgo y su ejecución	Se avanza en la definición de estudio fundado de riesgo, pero no en su ejecución

Fuente: elaboración propia sobre la base de OGUC y Decreto de Reconstrucción.

9 Se incluye: riesgo de inundación, riesgo de anegamiento, riesgo volcánico, riesgo de remoción en masa, riesgo por la existencia de fallas geológicamente activas, riesgo por mala calidad o de inestabilidad del suelo por condiciones naturales o antrópicas y riesgo por terrenos deteriorados por actividades humanas extinguidas.

10 Normativa vigente considera: zonas inundables o potencialmente inundables, zonas propensas a avalanchas, zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica y zonas con riesgos generados por actividades o intervención humana.

No obstante, aún queda pendiente avanzar en la correcta definición y reemplazo del “área de riesgo” por “área de amenaza”. Hasta el día de hoy ambos conceptos se usan indistintamente, muchas veces como sinónimos. De este modo, se debe avanzar en la definición de “áreas de amenaza” incorporando el concepto de susceptibilidad. Asimismo, la modificación deja pendiente las definiciones en cuanto a metodologías y procedimientos a ser aplicados en los estudios fundados de riesgo.

Más allá de los potenciales impactos que tendrá la implementación de estas modificaciones, la práctica en la incorporación de áreas de riesgos en los IPT determina la manera en que se están gestionando los territorios urbanos. A la luz del presente estudio, se han detectado puntos necesarios de ser abordados por futuros perfeccionamientos, tales como:

- El diseño y modificaciones de los IPT se realiza en un sólo acto administrativo que incorpora, de manera conjunta, al estudio fundado de riesgo y la aplicación de zonificación y normas urbanísticas.
- En el caso de los planes reguladores comunales, los estudios fundados de riesgo son formalizados o no por el Concejo Municipal al momento de aprobar la tramitación del instrumento. Es decir, en la misma discusión se abordan temas de fundamentación científica como lo son las zonas de amenazas y las definiciones de planificación como la asignación de normas urbanísticas. Esta condición indivisible ha generado problemas de interpretación y, en muchos casos, ha incidido en la no tramitación del instrumento por “falta de acuerdo” respecto de las zonificaciones de riesgo. En cuanto a los planes reguladores intercomunales, éstos deben ser aprobados por el Consejo Regional (CORE) repitiéndose muchas veces el patrón indicado en la escala comunal.
- Falta de claridad respecto a cuán vinculante pueden ser los estudios relacionados al riesgo. Si bien el único instrumento normativo que condiciona los proyectos en áreas de riesgo es el plan regulador comunal, existe registro en diversos planteamientos de proyectos que aluden a mapas referenciales no vinculantes como las cartas Citsu (SHOA).
- Existen diversas fuentes de financiamiento de los IPT, con una alta dependencia de fuentes distintas a los municipios y principalmente gasto sectorial proveniente del Minvu. Este ministerio ha venido implementando un intenso programa de actualización de IPT desde 2001 como parte de la reforma urbana. No obstante, a pesar del esfuerzo institucional, no existe un mecanismo que permita conocer abiertamente el éxito del programa en cuanto a la formalización de los planes. Existen casos en que los estudios de actualización han sido realizados, pero los planes no son aprobados por los concejos municipales o CORE. También algunos de ellos no logran superar cuestionamientos planteados por Contraloría General de la República (CGR). Sobre la base de la experiencia del equipo de investigación y los expertos consultados, una parte importante de estos fracasos estarían

relacionados con las áreas de riesgos. Esto ha quedado en evidencia en algunas ciudades afectadas por eventos recientes, las que no tenían sus zonas de riesgo actualizadas a pesar de haber existido estudios y procesos de actualización en los instrumentos.

- Otro tema clave es la baja disponibilidad de recursos para los estudios de riesgo dentro de los estudios de actualización de IPT. Según las características de cada área de trabajo los recursos destinados a riesgo van entre 8 a 15 millones de pesos.

En síntesis, se puede indicar que el país se encuentra viviendo un proceso de modernización institucional y normativa durante los últimos seis años, pero que se ha intensificado en los últimos dos. El aumento de la recurrencia de eventos y su diversidad ha llevado a las autoridades a incorporar de manera más intensa la variable de riesgo en la toma de decisiones. Esto ha significado un incremento en los procesos de generación de información sobre amenazas, en especial de sismos, tsunamis e inundaciones, tanto en el ámbito académico como público. Una manera de verificarlo ha sido el aumento de programas académicos y de capacitación relacionado a la gestión de riesgos. Este mejoramiento en las capacidades del país también está siendo abordado en términos de políticas públicas con perfeccionamientos en el sistema de planificación territorial, normas de construcción, mecanismos de evaluación de proyectos de inversión pública, diseño de obras de infraestructura y sistemas de evacuación, sin embargo, queda mucho por mejorar en estos aspectos.

2. Análisis de metodologías para zonificación y evacuación

a. Zonificación del riesgo de tsunami

A partir de la sistematización de las metodologías consultadas se establece que, en general, se reconocen dos tipos de enfoques en los estudios de inundación por tsunami a nivel mundial:

- Estudios determinísticos, que son aquellos que evalúan la magnitud de un tsunami asociado a un evento particular, la cual se puede medir según la altura del *run-up*, la profundidad de inundación, o la altura del tsunami en la costa.
- Estudios probabilísticos, que evalúan la probabilidad de que un tsunami alcance o exceda una magnitud dada en un intervalo específico de tiempo en un lugar determinado. La magnitud de un tsunami se puede medir según la altura del *run-up*, la profundidad de inundación, o la altura del tsunami en la costa. Esta metodología proporciona diferentes probabilidades para distintos períodos de tiempo. Se puede definir para una única localización o para un tramo de la costa.

A modo de síntesis, en la Figura 3 se muestran los diferentes niveles que puede tener una zonificación del peligro de tsunami, según el tipo de

metodología empleada. Estas se relacionan fuertemente con el acceso o disponibilidad de datos (sísmicos, topográficos y batimétricos) y el uso o no de modelamiento numérico.

FIGURA 3. Zonificación del riesgo de tsunami según cantidad y calidad de información usada

METODOLOGÍA	DATOS/FUENTES	PROCESAMIENTO	PRODUCTOS	ENFOQUE ESCENARIOS
Nivel 1: Cota de seguridad	Topografía	Sistemas de información geográfica	Área de inundación según cota de seguridad (30 metros)	Determinístico
Nivel 2: Cotas de inundación	Topografía	Sistemas de información geográfica	Áreas de inundación según proyección topográfica	Determinístico
	+ Cotas de inundación (antecedentes históricos)		Mapa de susceptibilidad a inundación por tsunami	
Nivel 3: Simulación numérica enfoque determinístico	Topografía	Simulación numérica	Área de inundación según simulación	Determinístico
	+ Batimetría		Profundidad de inundación	
	+ Cotas de inundación (antecedentes históricos, testimonios y/o paleotsunamis)	+	Velocidad de corrientes	
	+ Escenario sísmico (peor escenario)	Sistemas de información geográfica	Niveles de peligrosidad según daño a personas e infraestructura	
Nivel 4: simulación numérica enfoque probabilístico	Topografía	Simulación numérica	Áreas de inundación según probabilidad de excedencia anual	Probabilístico
	+ Batimetría		Profundidad de inundación	
	+ Cotas de inundación (antecedentes históricos, testimonios y/o paleotsunamis)	+	Velocidad de corrientes	
	+ Serie de escenarios sísmicos (fuentes cercanas/lejanas)	Sistemas de información geográfica	Niveles de peligrosidad según daño a personas e infraestructura	
Nivel 5: simulación numérica enfoque probabilístico + forma urbana	Topografía	Simulación numérica	Áreas de inundación según probabilidad de excedencia anual	Probabilístico
	+ Batimetría		Profundidad de inundación	
	+ Cotas de inundación (antecedentes históricos, testimonios y/o paleotsunamis)	+	Velocidad de corrientes	
	+ Serie de escenarios sísmicos (fuentes cercanas/lejanas)		Tiempos de arribo	
	+ Forma urbana		Niveles de peligrosidad según daño a personas e infraestructura	
	+ Modelación agentes		Sistemas de información geográfica	
			Comportamiento social	

Fuente: elaboración propia

b. Escenarios de evacuación

A nivel internacional, el desarrollo de metodologías se ha enfocado en dos tipos principales:

- Superficies de costo: donde se evalúa el potencial de evacuación en relación a la dificultad de trasladarse, a través de un área amenazada por tsunami en función a consideraciones sobre terreno, tales como las pendientes y coberturas de suelo.
- Simulación de agentes: es una metodología computacional compleja que permite construir y recrear un ambiente poblado artificialmente con agentes autónomos, es decir, sujetos en movimiento, los cuales son capaces de interactuar entre sí. Se representan a los individuos humanos con sentidos, reglas para tomar decisiones y actuar frente a un proceso de evacuación. La finalidad es establecer las rutas óptimas y los tiempos de evacuación a áreas fuera de amenaza.

En la Figura 4, se sintetizan las diferentes metodologías utilizadas en los estudios de escenarios de evacuación ante tsunami, de acuerdo al tipo de datos utilizados.

FIGURA 4. Modelación de escenarios de evacuación según cantidad y calidad de información usada

METODOLOGÍA	DATOS/FUENTES	PROCESAMIENTO	PRODUCTOS
Nivel 1: Cálculo manual	Vialidad (arcos y nodos) + Cota de seguridad (30 metros)	Manual	Distancias y tiempos a zona de seguridad para cada vía de evacuación
Nivel 2: Análisis de redes	Topografía + Vialidad	Sistemas de información geográfica	Rutas más cortas Área de servicio según tiempos de evacuación
Nivel 3: Distancia de menor costo	Topografía + Vialidad + Cobertura / Usos de suelo + Zona de evacuación / Zona de seguridad	Sistemas de información geográfica	Tiempos de evacuación a zona de seguridad Rutas de menor costo Nuevas rutas de escape
Nivel 4: Modelación de agentes	Topografía + Vialidad + Distribución poblacional + Zona de seguridad (perímetro seguro) + Forma urbana	Modelo computacional de agentes + Sistemas de información geográfica	Tiempos de evacuación a zona de seguridad Cantidad de población evacuada versus tiempo Congestión peatonal (cuellos de botella) Medidas de mitigación a escala urbana

Fuente: elaboración propia

En síntesis, las metodologías utilizadas para evaluar la inundación no difieren en gran medida con las que se realizan en el país, sin embargo, existen limitaciones al acceso de la tecnología de modelamiento numérico ya que ésta aún está restringida a unos pocos centros universitarios, además de lo que aporta el SHOA con las cartas Citsu. Por otro lado, el estudio de escenarios y potencial de evacuación es una línea de trabajo muy incipiente, siendo muy desarrollada internacionalmente, esto explica que a la fecha existan sólo tres trabajos en áreas piloto realizados dentro de las investigaciones de Cigiden.

3. Percepción de actores claves

a. Zonificación del riesgo de tsunami

Los especialistas establecen dos consideraciones básicas según si el estudio va dirigido a evacuación o a obras de mitigación. En Chile se ha optado por el primer aspecto, elaborándose así las Cartas Citsu por parte del SHOA desde el año 1998 a la fecha. Estas consisten en determinar a partir de información sísmica y grandes terremotos históricos, el de mayor magnitud y analizar el tsunami resultante. La información incorporada a la carta de peligro resultante es la condición de mayor inundación generada por el modelo de simulación numérica.

A partir del terremoto de 2010, se generaron nuevas investigaciones respecto al peligro de tsunami, que aportaron nuevos datos en el contexto del riesgo. Sin embargo, con escasa estandarización, por lo que muchos de estos estudios utilizan distintas fuentes de datos y metodologías, con la consiguiente dificultad en su comparación. Lo anterior es una limitación al avance en el conocimiento de estos fenómenos.

En comparación con las metodologías internacionales, cabe señalar que las cartas de peligro de inundación por tsunami que se realizan en Chile usan generalmente la altura de flujo, lo cual es aportado por los modelos numéricos. Otros estudios han utilizado el cruce entre la profundidad de flujo y la velocidad de las corrientes. A nivel de daño a la infraestructura, la situación no difiere del resto del mundo, ya que las metodologías están limitadas a la validación de modelos numéricos, lo cual incluye pruebas empíricas utilizando campos de velocidades. En resumen, las metodologías utilizadas no son muy diferentes de las utilizadas internacionalmente, sin embargo, la principal limitación es la falta de datos y el acceso a ellos (topografías, batimetrías, series de tiempo de factores hidrodinámicos, entre otros) que permitan transitar al uso de modelos probabilísticos.

Respecto a las capacidades profesionales para realizar los estudios, los entrevistados señalaron que dichas capacidades son escasas, desarrollándose solo recientemente líneas de trabajo en investigación a nivel de postgrado, las que están posibilitando la formación de capital humano para los próximos años.

Por otro lado, en relación a los criterios mínimos, los especialistas y entrevistados señalan que un estudio para evaluar el peligro de tsunami debería tener como mínimo información sobre la sismicidad histórica y de cómo se genera la fuente sísmica, alturas de flujo y run-up, superficie de propagación y campo de velocidades.

Particularmente, en tema de la gobernanza del riesgo, las entrevistas señalan que es posible integrar el riesgo a los IPT utilizando voluntad de cambio, especialmente desde el municipio. Es posible utilizar el Art. 2.1.17 de la OGUC para zonificar un área de riesgo e incluirla en plan regulador y articular con otros proyectos específicos de infraestructura, por ejemplo, para fortalecer vías de evacuación o áreas seguras. Se requiere mejorar el cruce entre los insumos que entregan los consultores de riesgo y la toma de decisiones realizada por las autoridades. Igualmente, se requiere definir en un estudio fundado de riesgos quien es el órgano y el profesional competente que hará el estudio y lo aprobará. Se deben definir cuáles son los contenidos mínimos que debería tener un estudio de riesgo, ya que la norma no lo precisa.

b. Escenarios de evacuación

Las entrevistas denotan que la mayoría de los expertos en el tema de gestión de riesgos no están al tanto de lo que tratan las metodologías y sólo han visto aspectos superficiales. Existe muy poco desarrollo del tema a nivel nacional. Los expertos entrevistados con mayor conocimiento señalan que la metodología más completa es la simulación de agentes, ya que permite evaluar las reacciones humanas y de comportamiento. No obstante, además de su elevada complejidad, es muy difícil de validar, ya que el comportamiento humano es muy variable. Igualmente, requiere competencias específicas y una elevada cantidad de tiempo y recursos computacionales que en el contexto nacional son escasos.

Respecto los mapas de evacuación actualmente existentes se señala que son sencillos de interpretar y que cumplen con la función básica de mostrar a la gente los lugares donde llegar. No obstante, son bidimensionales y sin gradualidad, y en este sentido, los entrevistados señalan que se podrían usar las tecnologías existentes en la actualidad para llevar a las personas a un lugar seguro. Asimismo, no distinguen la capacidad de las rutas ni su calidad, por lo que no permiten tomar una decisión informada al momento de evacuar. Los entrevistados señalan que los mapas deben ser continuamente actualizados y que idealmente deben considerar la interacción con otras amenazas.

En relación a las zonas de seguridad, se destaca que los puntos de encuentro no están asociados a algún hito o lugar reconocible por la población,

a diferencia a lo que ocurre en Japón¹¹. No obstante, se señala que los simulacros realizados por Onemi han servido para preparar a la población frente a la emergencia.

Respecto al establecimiento de criterios mínimos, los expertos señalan que es sumamente necesario para trazar procesos de mejora continua y evitar improvisaciones. Sin embargo, se señala la dificultad de estandarizar las metodologías, en gran parte debido a capacidades municipales escasas y la necesidad de tener contrapartes informadas, independientemente de que consultoras eventualmente puedan desarrollar los trabajos. Asimismo, en el tema de modelación de evacuación no hay una institución que se pueda encargar de ellas, a diferencia de lo que sucede con SHOA o universidades con la modelación de la inundación. Los entrevistados, igualmente, destacan que es necesario considerar las características territorial y socialmente diversas de Chile.

En síntesis, a partir de las entrevistas realizadas, se estableció que hay tres aspectos importantes a considerar. En primer lugar, existen capacidades técnicas para realizar los estudios de riesgo, en especial referente al modelamiento numérico, aunque cada consultor entrega distintos insumos al estudio de riesgo, no existiendo a la fecha criterios que permitan estandarizar los contenidos, por lo cual no pueden compararse. Segundo, los resultados o insumos entregados a las contrapartes públicas muchas veces no pueden ser interpretados o incorporados a los IPT debido a que especialmente a nivel local no existen suficientes capacidades profesionales, lo cual genera una fuerte necesidad de contar con programas de formación para funcionarios públicos. Tercero, lo anterior genera que los estudios se repliquen o queden sin aplicación para lo que fueron concebidos, provocando que los reguladores comunales no incorporen finalmente las áreas de riesgo a su zonificación. En el caso del potencial de evacuación es todavía más crítico debido a que la gran mayoría de los encuestados no conocía el tema y aludió solo a la presencia de señaléticas o existencia de mapas, lo cual establece que muchas comunas no cuentan actualmente con esta forma tan directa de reducir el riesgo de desastre frente a potenciales tsunamis.

Propuesta de política pública

El proceso metodológico empleado muestra y reafirma los supuestos de investigación utilizados en el presente proyecto. Los instrumentos de planificación y gestión territorial no han sido capaces de incorporar, de manera apropiada y efectiva, la zonificación del riesgo de tsunami y aspectos referidos a la evacuación de la población frente a la materialización de tsunamis,

¹¹ Para mayor información sobre los mapas de evacuación generados en Japón, revisar (Fraser et al., 2012).

particularmente respecto a la factibilidad de poder llegar a zonas de seguridad antes del arribo de olas destructivas. Existen problemas que van desde aspectos básicos como el escaso entendimiento respecto a la conceptualización en materias de gestión del riesgo, problemas y vicios en la práctica de la zonificación, debilidad en la normativa e instituciones en materias de gestión del riesgo, cuyos avances son incipientes y reactivos a las contingencias y los problemas en las metodologías y procedimientos, muy relacionados a la diversidad de resultados, inexistencia de datos de calidad y falta de recursos para desarrollar los estudios.

Es así, como la presente propuesta establece criterios para mejorar la forma en la que se ha abordado la planificación territorial en Chile particularmente frente a tsunamis, tanto en lo que respecta a la definición de áreas de riesgo en los planes reguladores, como en la consideración de la evacuación en la planificación y gestión de ciudades.

El objetivo de la propuesta es, por lo tanto, estandarizar criterios metodológicos que permitan, desde el marco normativo, zonificar el riesgo de tsunami y desde el marco indicativo, incorporar el potencial de evacuación potenciando así la toma de decisiones a un nivel local. En virtud de los análisis realizados, la propuesta plantea un avance hacia el perfeccionamiento de los instrumentos normativos a través de recomendaciones de carácter indicativo. Estas propuestas estarán estructuradas en tres áreas, las que tendrán relaciones estrechas entre ellas. Se ha optado por plantear las propuestas en función de mejoramientos en la institucionalidad pública, en los instrumentos y las metodologías de análisis y modelación.

1. Institucionalidad

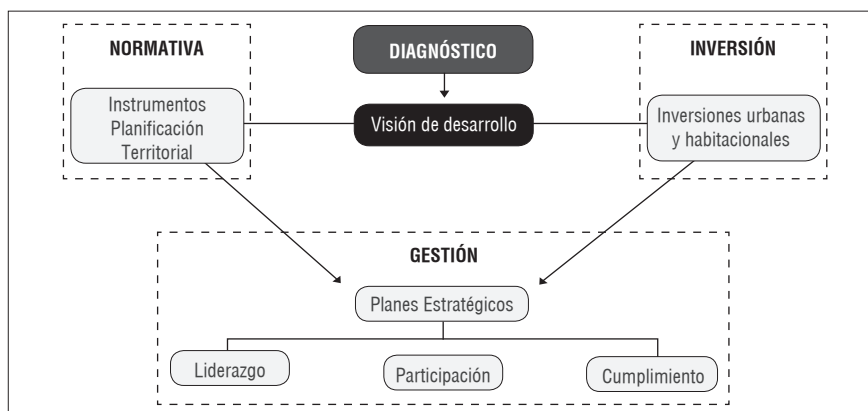
La propuesta de institucionalidad busca establecer una “continuidad acelerada” de los procesos de modernización institucional en proceso y capitalizar la experiencia de los avances recientes más efectivos. Es así que la propuesta establece el compromiso de coherencia con las políticas actuales y de los procesos en desarrollo. En términos específicos se plantea la ejecución de tres operaciones que son expuestas a continuación.

a. Visión integrada multisectorial

La gestión de riesgos debe considerarse proyectada sobre la base de una planificación y gestión integrada que vincule los aspectos regulatorios, inversiones y la gestión bajo una visión integral del territorio, fundamentada en evidencia verificable (Moris, 2009). Estas orientaciones están establecidas como principios en la PNDU de 2013, que tiene a la institucionalidad de la planificación integrada como prioridad de implementación. En términos generales, se plantea la existencia una estructura de planificación y gestión multisectorial de acuerdo a planes maestros integrados. A partir de esto la

propuesta considera que se establecerán vínculos entre los planes reguladores y otras decisiones de inversión y gestión (Figura 5).

FIGURA 5. Modelación de planificación y gestión integrada



Fuente: modificado de Moris, 2009

En este marco también se debe considerar la implementación formal de los nuevos ROT y la futura Política Nacional de Ordenamiento Territorial. Por otro lado, la aprobación del proyecto de Ley Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias en actual discusión, definirá un nuevo contexto para la toma de decisiones mediante un Comité de Ministros y nuevos planes multiescalares. Así, la planificación y gestión urbana integrada considera la interrelación entre los aspectos normativos, las inversiones y los instrumentos de gestión. Por lo tanto, una mayor consideración del riesgo en los instrumentos de planificación territorial, vendrá a fortalecer la planificación integrada respecto a la gestión de riesgos.

b. Coherencia con el ciclo de la gestión de riesgos

Para que la institucionalidad funcione como un motor para la reducción del riesgo, es necesario que sea coherente con las fases del ciclo de la gestión de riesgos. Por lo tanto, se plantea formalizar los diversos roles que le caben a las instituciones en las fases del ciclo. Si bien tradicionalmente se ha tendido a acotar la participación de las entidades públicas a algunas etapas, la experiencia indica una importante distancia entre la realidad y la práctica de delimitar las responsabilidades institucionales. Esto implica asumir, por ejemplo, que la respuesta a la emergencia no es solo una responsabilidad de la Onemi, y que esta a su vez debería tener una participación más activa en las medidas de recuperación y preparación.

c. Secuencialidad e incrementalidad en formalización institucional

Según la experiencia reciente se plantea el desarrollo de un proceso secuencial e incremental de implementación. Este planteamiento asume que actualmente es posible avanzar en el establecimiento de metodologías oficiales que puedan ser utilizadas en el desarrollo de estudios de riesgo y escenarios de evacuación. Esto implica la estandarización de las metodologías generando un lenguaje común entre los desarrolladores y los evaluadores. También considera la necesaria actualización de las metodologías según avances tecnológicos y mayor disponibilidad de información.

Esta primera fase de acuerdos metodológicos y estándares entre las instituciones responsables, debería dar plazo a la conformación de una plataforma nacional que permita que diversos actores públicos y privados puedan acceder oportunamente a la información disponible sobre riesgos y evacuación. Esto permitiría una reducción de los costos y tiempos de desarrollo, también implicaría una mayor transparencia de los procesos y el fortalecimiento de la educación comunitaria y la toma de decisiones. Si bien ya existe una Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastres, esta se ha venido configurando y consolidando como una instancia principalmente de coordinación de entes públicos, ampliando su ámbito a la academia y la sociedad civil, aun cuando queda camino por recorrer en cuanto al involucramiento comunitario.

Por lo otro lado, se puede considerar como modelo complementario, suplementario o alternativo la propuesta del proyecto de Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias que plantea una especie de estructura más centralizada responsable de la generación de estudios de riesgo¹² y planes de evacuación. Este modelo sería posible solo bajo una reforma radical del sistema, lo cual podría no necesariamente estar en sintonía con los procesos de descentralización y potenciamiento de la coordinación e integración institucional.

Así, esta implementación secuencial e incremental propone priorizar el ámbito indicativo por sobre lo normativo en un inicio, apuntando a generar una base sólida que permita consolidar estos avances, tanto a nivel de reglamento, como a nivel de ley.

2. Instrumentos

La propuesta de instrumentos busca establecer altos niveles de integración entre los diversos instrumentos disponibles, estableciendo los mínimos componentes de relación. Asimismo, se plantean algunos ajustes orientados a via-

¹² Si bien actualmente los denominados estudios de riesgo en el artículo 2.1.17 OGUC son efectivamente estudios de amenaza, el citado proyecto de ley plantea estudios de riesgo en su concepción formal, es decir, incluyendo análisis de vulnerabilidad.

bilizar la definición de áreas de riesgos y su adecuada formalización. También se propone el avance hacia la conformación de un sistema de evacuación que dialogue con el sistema de planificación y gestión comunal.

a. Interconexión e interdependencia

Bajo la perspectiva de la planificación y gestión integrada los diversos instrumentos disponibles deben estar interconectados y ser interdependientes entre sí, esto también aplica en lo relativo a la gestión del riesgo y en las acciones para reducirlo. Así, una visión territorial del ciclo del riesgo debe considerar, por un lado, una zonificación de riesgos fundamentada en modelaciones de inundación, mientras que la elaboración de planes de evacuación debería estar basada en modelaciones de evacuación. Ambos procesos deben estar interconectados y ser interdependientes, en cuanto a que la zonificación de riesgo puede ajustarse a las definiciones de tiempos de evacuación que arrojen las modelaciones para definir sectores más o menos peligrosos, mientras que la modelación de evacuación requiere de escenarios de inundación, que son generados previamente a la etapa de zonificación del territorio. Lo anterior implica la formalización de la interrelación entre ambos procesos, donde las modelaciones de inundación por tsunami puedan ser insumos clave para las modelaciones de evacuación. Asimismo, se entenderá que la planificación urbana debería considerar como componente de sus análisis y propuestas las capacidades de evacuación de la ciudad, del mismo modo que hoy se considera la capacidad vial. Asumiendo que los estudios de planificación seguirán profundizando en los análisis de vulnerabilidad para determinar las zonificaciones y normas urbanísticas, las condiciones de evacuación deberían ser consideradas para la toma de decisiones de localización de residencia, infraestructura crítica y equipamiento singular.

Un ejemplo específico será la definición de las categorías de vías y nodos para la evacuación, como también las determinaciones de zona segura, puntos de encuentro, albergues y zonas de recuperación. En este sentido, se establece una secuencia entre los planes de evacuación para la respuesta inmediata, incluyendo las primeras 12 horas, y las definiciones para la recuperación. Estas zonificaciones deberían estar consideradas tanto en el Plan Regulador como en el Plan Director Integrado¹³, orientando las inversiones que viabilicen la óptima respuesta ante eventos naturales, reduciendo el riesgo.

13 El Plan Director es parte de la dimensión estratégica del Plan de Ciudad, que se constituye como el aspecto básico del Modelo de Planificación Urbana Integrada propuesto en el Nuevo Sistema de Planificación Urbana Integrada (PUI). Dicho Plan Director define territorialmente la visión de la ciudad mediante la integración de los requerimientos y demandas de nueve ámbitos de la PUI dentro de los que se encuentran: vivienda y barrio, redes de servicios, espacio público y parques, movilidad urbana, equipamiento urbano, medio ambiente, riesgos, patrimonio y desarrollo económico (CNDU, 2016).

b. Solidez de marco legal y claridad en prácticas

Para lograr instrumentos que efectivamente reduzcan el riesgo, es necesario que el marco legal vigente sea modificado, en todos los niveles de ejecución, desde las circulares DDU¹⁴ hasta modificaciones en las leyes. Se recomienda establecer a través de circulares DDU instrucciones para el desarrollo de los estudios de riesgo y específicamente sobre las características de las modelaciones de amenaza de tsunamis. Estas recomendaciones podrían derivar en un documento similar a la guía de referencia sobre planes de evacuación. Una versión más sofisticada de este, pero aún en versión indicativa, sería el desarrollo de manual similar al Redevo¹⁵.

Las modificaciones más fáciles de implementar permitirán que las circulares DDU sean empleadas para establecer las condiciones y requerimientos mínimos para los estudios de riesgo, las que debieran ser trabajadas entre actores públicos y privados en conjunto. Por el contrario, modificaciones a las normativas y leyes son más difíciles de implementar por ser cuerpos legales más rígidos.

c. Separación de procesos de análisis y planificación

Para eliminar los problemas identificados en la práctica de la zonificación de riesgos, particularmente los referidos a la aprobación de los IPT y el excesivo gasto, por parte del Estado, en instrumentos tramitados no aprobados por desacuerdos en las instancias existentes para ello, se debe separar el estudio de riesgos del estudio de planificación propiamente tal, los que hasta la fecha se han sancionado en un mismo acto administrativo. Se debe avanzar a establecer que el estudio de riesgo sea sancionado bajo criterios eminentemente técnicos, es decir, sometido a revisión por parte de consultores especialistas y no por contrapartes públicas y/o municipales. Por el contrario, el estudio de planificación sí debería incorporar entes técnicos y políticos en su aprobación.

d. Revisión de niveles de aplicabilidad

Para que se genere un cambio o impacto sobre la forma de abordar el riesgo de tsunami en el país y el potencial de evacuación, se debe lograr que los IPT tengan una coherencia en los distintos niveles de aplicabilidad, ya sea a esca-

14 Las circulares DDU son circulares específicas que imparten instrucciones de carácter particular, orientadas a dar respuesta a las diversas consultas que ingresan a la División de Desarrollo Urbano, las que por la especificidad y características de las materias consultadas, tiene incidencia en situaciones puntuales que no constituyen la aplicación general de una determinada disposición, responden a un caso específico cuya aplicación ha generado dudas.

15 Manual de Vialidad Urbana (Redevo) es una guía elaborada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) con la finalidad de entregar recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana. Así, el tema central del manual es el diseño geométrico de los elementos principales de dicha infraestructura, la cual se entenderá como el conjunto de calles, intersecciones y enlaces que permiten el tránsito de vehículos y personas dentro de una ciudad.

la local, intercomunal y regional, de manera tal que sean articulables y puedan retroalimentar la información que requieren estos niveles de decisión.

3. Metodologías

La propuesta de metodologías busca estandarizar criterios aplicables a la valoración del riesgo de tsunami a través de elementos de definición que permitan elaborar estudios de calidad comparables, ya que el requerimiento siempre será el mismo, es decir, definir escenarios de inundación y evacuación ante tsunamis.

a. Acceso a información

Un aspecto básico para el establecimiento de criterios mínimos y exigencias a los estudios de riesgos y planes de evacuación está en la disponibilidad de información necesaria para llevar a cabo los análisis y evaluaciones correspondientes. Para mejorar el acceso se propone crear un Sistema Integrado de Información de Riesgos (Figura 9), el cual tendría dos actores claves: i) el Estado y toda la información existente en los diferentes ministerios e instituciones, que podría ser puesta a disposición de quienes la requieran, mediante el perfeccionamiento de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE); y ii) la información proveniente de las investigaciones y proyectos realizados en universidades nacionales y centros de investigación, a partir de la cual se podría generar un IDE específico. Esta información podría estar centralizada o a cargo en una institución específica, por ejemplo, Onemi. Este modelo ha sido discutido en el marco del SNIT (Sistema Nacional del Información Territorial), en la Comisión Creden del CNID para la definición de una estrategia de I+D+i sobre resiliencia y desastres naturales, y en el marco del proyecto de ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE).

b. Definición de metodologías estandarizadas

Las metodologías actuales para zonificar la amenaza en el caso de los tsunamis, aportan distintos datos o insumos al mapa de inundación, siendo los más comunes la superficie de propagación, la altura de inundación y la velocidad de las corrientes. Sin embargo, es común encontrar estudios realizados con distintos enfoques y mapas de peligro donde no se sabe cómo fueron elaborados, información que, en el caso de los planes reguladores, debería estar en las memorias explicativas. Si bien el proyecto de Ley SNGRE podría determinar un nuevo escenario para el desarrollo de estudios de amenazas y/o riesgos, permanece la necesidad de mayores especificidades respecto a las metodologías y fuentes de información con que se realizaron los estudios.

Por otro lado, no pueden compararse y eso causa que deban replicarse porque la calidad de estos no es suficiente, por ejemplo, para proyectar obras. Se consideran aquí algunos criterios básicos: definición de variables a anali-

zar, metodologías claras, formas de representación, leyendas estandarizadas, formatos de los estudios de tal manera de utilizarlos independientemente del tiempo y del usuario, así pueden ser reutilizados los procesos y generar mejoras en los datos entregados. En el caso de las vías de evacuación, los estudios que se recomiendan deberían estar incluidos en los planes de emergencia y evacuación, de tal manera de contar no solo con señaléticas sino también con información sobre la capacidad de la población para realizar una evacuación (velocidad de evacuación según rango de edad o limitación física), características del terreno que la población recorre, presencia de albergues, localización de señaléticas y estado o efectividad de las vías de evacuación. Se trata de estudios que son muy escasos en el país y podría explicar el nivel de daño que adquiere un desastre.

Aquí se propone estandarizar las metodologías de zonificación del peligro de tsunami y de escenarios de evacuación, de acuerdo a distintos niveles de profundización de acuerdo a la disponibilidad de información, de tal modo que cada unidad administrativa pueda acceder a zonificaciones del peligro que les permita mejorar la toma de decisiones.

b.1. Zonificación de riesgo

Se diferencian aquí cinco niveles posibles, de menor a mayor complejidad, de acuerdo a la incorporación de información. Estos niveles son complementarios entre sí, por lo cual pueden ser realizados por etapas hasta incluir los niveles más avanzados.

En el Nivel 1 se considera la mínima información disponible, considerando solo el criterio de cota segura establecida en 30 metros sobre el nivel del mar, es decir, todo el territorio costero que se encuentre con alturas inferiores es área susceptible a inundación por tsunami, por lo tanto, es un área de peligro. Evidentemente esta información no permitirá generar diferenciaciones respecto al impacto del tsunami (altura de flujo o run-up), pero si permite identificar el área expuesta al peligro.

En el Nivel 2, se incluye además de la cota segura, información sobre cotas históricas de inundación generadas por tsunamis pasados, que han sido reconstruidas mediante testimonios de sobrevivientes o antecedentes históricos. Con apoyo de SIG o a través de técnicas de superposición cartográfica, se agregan a un plano base, las distintas cotas históricas de inundación, se compara con la cota histórica, y así es posible obtener el territorio expuesto en función del escenario extremo encontrado para el lugar.

En el Nivel 3, se cuenta con modelamiento numérico de tsunami con un enfoque determinístico, para lo cual es necesario contar con tres insumos básicos: el evento extremo, la batimetría y la topografía de detalle del área. El primero de ellos se determina a partir de información de sismicidad histórica y de estudios sísmicos, donde se selecciona el más catastrófico. Esto último

es relevante, ya que involucra un trabajo interdisciplinario. Los productos generados por el modelamiento numérico son: el área de propagación del tsunami (área de inundación), la altura de flujo y ola *run-up*, la profundidad de inundación y la velocidad de las corrientes.

El Nivel 4, se cuenta también con modelamiento numérico de tsunami, pero se aplica un enfoque probabilístico. Es muy similar al Nivel 3 en términos que se requieren los mismos insumos, sin embargo, la determinación del peor escenario se establece mediante eventos con distintos parámetros sísmicos, de fuentes cercanas y lejanas, de tal manera de definir las envolventes de estos, generándose distintas probabilidades de afectación en distintos lugares del área expuesta, por lo cual involucra modelamiento numérico de alto nivel tecnológico y expertos. Por otro lado, se debe contar con información sísmica y estudios geofísicos adecuados para realizar el modelamiento.

El Nivel 5, considera el enfoque probabilístico anterior, pero a este se agrega un estudio de la forma urbana del asentamiento y la modelación de agentes. Actualmente este nivel es el más complejo debido que son estudios de desarrollo en el mundo y aún son incipientes en Chile, sin embargo, son los que se desarrollarán en los próximos años y deben considerarse en este contexto. El estudio de la forma urbana considera, por ejemplo, métricas de la mancha urbana dada por el propio crecimiento urbano y el impacto que este tiene respecto a las áreas de peligro determinadas por el modelamiento numérico. La modelación de agentes implica incorporar el potencial de evacuación que se explica en el siguiente apartado.

b.2. Evacuación

Se diferencian cuatro niveles posibles, de menor a mayor complejidad, de acuerdo a la incorporación de información de mayor detalle, uso de métodos y herramientas más elaboradas. Estos niveles son complementarios entre sí, si bien existen ciertas diferencias en cuanto a las herramientas empleadas, por lo cual pueden ser realizados por etapas hasta incluir los niveles más avanzados.

En el Nivel 1 para establecer los tiempos de evacuación a través de vías previamente definidas, considera la realización de un cálculo manual que relacione la distancia a recorrer y velocidades de desplazamiento promedio a escala humana para diferentes grupos de población, con la finalidad de obtener el tiempo de desplazamiento para cada arco dentro de una vía. Adicionalmente, si se conoce la pendiente promedio de cada uno de los arcos, es posible mejorar la estimación de tiempos, considerando la impedancia que genera mayores pendientes en una ruta de escape y la consecuente disminución de la velocidad promedio¹⁶.

16 Para mayores antecedentes, consultar la "Guía de referencia para Sistemas Comunales de Evacuación por Tsunami" disponible en: <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/handle/2012/1766>

En el Nivel 2 se considera una metodología basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), particularmente mediante geoprocursos provenientes del análisis de redes. Sobre la base de información topográfica y de la vialidad existente en una localidad costera, es posible obtener las rutas de escape más cortas, los puntos de encuentro más cercanos y los tiempos de evacuación requeridos. Es posible incorporar datos sobre las vías de evacuación que complementen los tiempos obtenidos, sobre todo considerando variables que funcionen como impedancias al movimiento de los evacuados.

En el Nivel 3, se establece una metodología basada igualmente en los SIG, pero que no restringe el análisis a rutas de escape determinadas, sino que permite establecer tiempos de evacuación para el área amenazada o de evacuación. Los modelos de distancia de menor costo permiten establecer los tiempos de evacuación a zona de seguridad usando para ello consideraciones sobre el terreno, tales como la pendiente (y su direccionalidad) y la cobertura de suelo existente, las que pueden generar impedancias de desplazamiento a los evacuados.

Por último, en el Nivel 4, se encuentra una metodología fundamentalmente matemática y desarrollada en lenguaje de programación denominada simulación o modelación de agentes. En este tipo de modelos, sistemas sociales complejos son descompuestos en unidades denominadas agentes que siguen una serie de reglas programadas para interactuar entre sí y con respecto a su entorno. Después de un determinado número de iteraciones, permite calcular el tiempo requerido para trasladar a dichos agentes desde un área amenazada a un área segura. Se establecen una serie de reglas, tales como el decrecimiento de la velocidad, el impacto en la velocidad de las condiciones de tráfico y las características de las rutas de escape. Para desarrollar este tipo de modelos es necesario datos muy detallados respecto a la topografía, vialidad y distribución poblacional, además de conocimientos avanzados en lenguajes de programación. En la actualidad, existen investigaciones que integran los datos numéricos obtenidos con una espacialización mediante el SIG, permitiendo proponer medidas de mitigación a escala urbana.

c. Potenciamiento de estudios sísmicos para perfeccionar escenarios de amenaza

La mayoría de los estudios de riesgo-amenaza referidos a tsunamis se realizan en el país a través de métodos determinísticos donde el escenario extremo es un terremoto local considerado el peor escenario, dada su magnitud y potencial destructivo. En tanto, las metodologías de uso internacional, que es lo se está comenzando a realizar en Chile, utilizan enfoques probabilísticos, que requieren cada vez más de información sísmica con tasas de retorno, parámetros sísmicos, área de ruptura, localización y magnitud, de tal forma de modelar distintas condiciones del tsunami que permitan estimar mejor sus

efectos y su comportamiento hacia la costa considerando distintas variantes de su fuente de generación (peligro de tsunami máximo creíble). De esta manera, hay un trabajo interdisciplinario fundamental donde los estudios sísmicos y geofísicos aportan a las metodologías de modelamiento numérico realizado principalmente desde la ingeniería.

d. Capacitación de las contrapartes en la actualización de estudios de riesgos

Los conocimientos y competencias profesionales de las contrapartes públicas relacionadas con la interpretación de información sobre la zonificación de los riesgos es un factor de gran relevancia al momento de evaluar la calidad de las metodologías utilizadas y sus resultados, en especial también porque aquí se genera la articulación con los planes reguladores, los cuales deberían incluir la zonificación de los riesgos. Los funcionarios públicos deben estar permanentemente capacitándose en programas que incluyan contenidos sobre reducción del riesgo de desastres y metodologías específicas de zonificación. Estos programas si bien son escasos, actualmente existen en el país y se espera que a futuro comiencen a desarrollarse con una mayor variedad de enfoques. Los funcionarios públicos deberían tener conocimientos mínimos referidos a: enfoques conceptuales, metodologías de zonificaciones de amenazas y riesgos, gobernanza y riesgos, planes y programas de evacuación. Lo que se busca aquí no solo es que se maneje el concepto de riesgo-amenaza, sino que los profesionales y funcionarios puedan efectivamente dialogar a partir de esta información con la imagen objetivo de la comuna y construir desde la interdisciplinar el territorio seguro.

e. Incorporación de la participación ciudadana en la zonificación de riesgos

En la construcción del territorio seguro, se debe incluir a la sociedad organizada quien será la beneficiada en el caso de contar con una gestión del riesgo efectiva. Actualmente, existe consenso en que el mejor mecanismo para reducir la pérdida de vidas humanas es a través del conocimiento que la misma sociedad posee sobre su entorno físico-natural y de su capacidad de respuesta ante amenazas. Ello involucra un trabajo permanente de transmisión pública del riesgo de tal manera de mejorar la reacción de la población ante potenciales emergencias. Por otro lado, los consultores de riesgo pueden incluir distintas metodologías participativas donde se extraiga información sobre percepción del riesgo y factores de vulnerabilidad social que pueden dar cuenta sobre qué aspectos intervenir y tomar decisiones para reducir el riesgo desde el nivel local. En la actualidad este tipo de información no se levanta en los estudios de riesgo y muchos estudios quedan obsoletos cuando quedan sin actualizar especialmente cuando se producen procesos urbanos y se modifica el territorio.

f. Aseguramiento de cobertura inicial e incorporación de nuevos conocimientos e información

Independiente de los datos y recursos con que cuente un estudio de riesgo para ser desarrollado, se pueden diferenciar distintos niveles de profundización del estudio según el tipo de dato requerido (básico, medio y avanzado). Ello establece que cualquier comuna costera, debería contar con un estudio adecuado para generar intervenciones, de tal manera que este puede seguir siendo profundizado a medida que los recursos y el acceso a los datos se vayan generando (Tabla 3).

TABLA 3. Niveles de profundización de estudios

Niveles	Zonificación de riesgo			Evacuación		
	Base de información	Modelación	Tipo de zonificación	Base de información	Modelación	Preparación para evacuación/resiliencia
Básica	Topografía + Historia	SIG	Susceptibilidad	Sin estudios de riesgo. Cota de seguridad de 30 metros	Básica	Plan Básico de Evacuación: sólo gestión
Medio	Topografía + Batimetría + Historia	Numérica	Susceptibilidad	Estudios de amenaza	Media	Plan Intermedio de Evacuación: Gestión + Inversión
Avanzado	Topografía + Batimetría + Historia + Urbana + Social	Numérica Dinámica	Susceptibilidad, amenaza y riesgo	Estudios de riesgo	Avanzada	Plan Avanzado de Evacuación: Gestión + Inversión + Normativa

Fuente: elaboración propia.

Implicancias de política pública

1. Etapas de implementación

La propuesta considera el acuerdo de una hoja de ruta multisectorial que defina un camino de implementación organizado en tres etapas. Para mayor detalle revisar Tabla 4.

a. Etapa 1 de carácter indicativo

Esta etapa propone establecer una mesa técnica multisectorial que incorpore la participación de los expertos académicos y consultores. La mesa debería establecer acuerdos respecto a los procedimientos y metodologías a utilizar para la definición de mapas de amenazas que puedan ser insumos de otros instrumentos como los de planificación territorial o para el diseño de obras de mitigación. También para la modelación de escenarios de inundación y evacuación que pudieran ser insumos de futuros planes de evacuación. El principal producto sería la guía de referencia metodológica multisectorial.

b. Etapa 2 de carácter normativo

Esta etapa propone que la mesa genere recomendaciones para la modificación de la OGUC y/o Circulares DDU, junto con la obligatoriedad de seguir los procedimientos establecidos en la guía o sus versiones ajustadas. En cuanto al diseño de obras de mitigación, se asume que en esta etapa se podrían formalizar las metodologías de modelación y los estándares de diseño. Se recomienda aumentar los recursos disponibles para la ejecución de estudios y promover el establecimiento de un sistema que permita acceder a la información territorial necesaria.

c. Etapa 3 de carácter integral

Esta etapa considera ajustes a la Ley de General Urbanismo y Construcciones, a la Ley de Sismos y Catástrofes. También un aumento sustantivo de recursos para el mejoramiento del acceso y calidad de información de base. El avance en la implementación de la PNDU, la Política de Estado y Agenda para la Descentralización y el Desarrollo Territorial, la futura Política Nacional de Ordenamiento Territorial y la eventual aprobación de la Ley SNGRE, definirán un nuevo contexto que obligará a la revisión y coherencia de los diversos marcos legales.

TABLA 4. Principales productos de cada etapa de implementación

Etapa 1 de carácter indicativo	Etapa 2 de carácter normativo	Etapa 3 de carácter integral
Constitución de Mesa Multisectorial: conformación de mesa multisectorial con participación de expertos externos e instituciones especializadas. Similares a las generadas en el marco de la plataforma nacional de reducción de riesgo de desastres naturales y mesas de colaboración Onemi y Cigiden.	Modificación de la OGUC: una segunda fase de perfeccionamiento de la OGUC que podría avanzar en la adecuada definición de estudios de amenaza y estudios de riesgo. En la separación de procesos de estudios de validación de los estudios de riesgo / amenaza y de los IPT. En la definición de las características, condiciones y metodologías utilizables en los estudios de riesgo/amenaza y en los planes de evacuación.	Modificaciones legales: implica la actualización de los instrumentos legales relacionados a la implementación de las citadas políticas nacionales en desarrollo. Los principales instrumentos serían la LGUC, la Ley de Sismos y Catástrofes, la Ley Orgánica Constitucional Sobre Gobierno y Administración Regional.
Nueva guía de referencia para la definición de zonas de riesgo y modelaciones de evacuación: los productos respecto de definiciones conceptuales, estandarización de metodologías y procedimientos de implementación quedarían reflejados en la guía.	Aumento de recursos para actualización de IPT: definición de condiciones y nuevos estándares para los estudios de riesgo/amenaza que informan los diseños de los IPT, en especial los planes reguladores comunales e intercomunales. También esto debería estar relacionado a la incorporación de riesgo en los PROT.	Plataforma Integrada de Información de Riesgos: como dispositivo específico del SNIT y de IDE Chile en el marco de la Ley SNGRE.
Validación de acuerdos de procedimientos y metodologías: los principales acuerdos podrían ser validados y formalizados a través de Circulares DDU del Minvu en lo que respecta a Instrumentos de Planificación Territorial, Circulares y/o Resoluciones de Onemi para los planes de evacuación, Circulares y/o Resoluciones de MOP para los planes de evacuación y estándares de obras de mitigación.	Formalización de la existencia de Planes de Evacuación: formalización de los Planes de Evacuación y la conformación de Sistemas de Evacuación con un marco legal y normativo. Esto permitiría su vinculación formal con instrumentos normativos e indicativos.	

Fuente: elaboración propia.

2. Estimación de costos de implementación

La siguiente estimación mantiene la estructura de las etapas de implementación propuestas proyectando costos potenciales a diversas actividades. Se asume un gasto corriente del Estado en relación a la participación de funcionarios públicos que estaría incorporado en los diversos presupuestos sectoriales. También se asume una cierta evolución en complejidad por parte de las eta-

pas, sin embargo, algunas actividades pueden ser iniciadas y desarrolladas de manera independiente, no necesariamente secuencial. La implementación de la Etapa 1 considera la generación de una mesa multisectorial que sumado a los costos propios de la participación de funcionarios públicos y expertos, podría considerar recursos específicos. La Etapa 2, implica el desarrollo de ajustes normativos que implicaría el trabajo de la mesa multisectorial que podría ser complementado con ciertas actividades al igual que la Etapa 3. Las actividades para cada etapa se detallan en la Tabla 5.

TABLA 5. **Estimación de costo de implementación**

Etapa 1 de carácter indicativo	Etapa 2 de carácter normativo	Etapa 3 de carácter integral
Estudio de metodologías de modelación de tsunami y validación de expertos para su estandarización: \$25 millones	Estudio de habilitación normativa para el desarrollo de estudios de caracterización de amenazas y escenarios de evacuación: \$30 millones	Estudio de integración legal y normativa respecto del desarrollo de estudios de riesgo (no solo amenazas) y planes de evacuación: \$100 millones
Estudio de metodologías de modelación para la definición de escenarios de evacuación y validación de expertos para su estandarización: \$25 millones	Desarrollo de talleres de difusión y capacitación de funcionarios sectoriales a nivel nacional: \$30 millones.	Diseño e implementación de Plataforma Integrada de Información de Riesgos. Si bien existen diversas iniciativas con objetivos comunes, la habilitación de un sistema que cumpla con estos objetivos tendría un costo de \$400 millones en tres años.
Edición y publicación de Guía de Referencia: \$20 millones	Aumento de recursos disponibles para el desarrollo de los estudios de riesgo en los procesos de actualización de instrumentos de planificación territorial, permitiendo contar con mejor calidad de información de base y avances tecnológicos. Costo indefinido.	
Desarrollo de talleres de difusión y capacitación de funcionarios sectoriales a nivel nacional: \$30 millones.	Disponibilidad de recursos para el desarrollo de modelaciones de escenarios de evacuación y diseño de planes de evacuación en las principales ciudades costeras y localidades con mayores niveles de vulnerabilidad. Costo indefinido.	
Implementación de programas pilotos de planes de evacuación incorporando los mayores niveles de información y metodologías disponibles: \$30 millones		

Fuente: elaboración propia.

3. Actores relacionados

En las tres etapas, los actores involucrados serían similares con algunas excepciones respecto a funciones específicas como es el caso del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (Segpres), el Congreso para la tramitación de modificaciones legales y la Dirección de Presupuesto (Dipres) para las definiciones presupuestarias. Respecto a las mesas de trabajo, se asume la participación de funcionarios del Minvu, del Ministerio de Obras Públicas (MOP), de la Subdere, de la Onemi, del Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomin), del SHOA, del Ministerio de Bienes Nacionales y del Ministerio de Desarrollo Social (Mideso). Esto, además de la participación de académicos y expertos privados con conocimiento en gestión de riesgos, planificación y modelamiento numérico que se desempeñan en el ámbito académico. En vista de que el país ya cuenta con diversos centros de investigación especializados se asume una participación de carácter institucional de centros como Cigiden, CR2 y el Programa de Reducción de Riesgos de Desastres (Citrid).

Conclusiones

El proyecto de investigación presentado se enmarca dentro de un proceso de perfeccionamiento institucional en materia de riesgos actualmente en curso. Con posterioridad a los eventos desastrosos de los últimos años, particularmente post catástrofe de 2010, se han desarrollado y materializado una serie de políticas, propuestas de modificación a leyes y normas, creación de nuevos centros de investigación y aumento de programas académicos y de capacitación enfocados en la reducción y gestión del riesgo de desastres.

Considerando el desarrollo que han tenido dichas materias, ahora es posible concentrar los esfuerzos en temas más específicos como el perfeccionamiento y creación de instrumentos de planificación y gestión, particularmente los referidos a la zonificación de amenaza de tsunami y escenarios de evacuación, los que a luz del presente trabajo tienen un marco institucional débil y perfectible.

En este contexto, el proyecto identificó el estado del arte actual, tanto en Chile como internacionalmente respecto a las metodologías posibles de usar, detectándose que existen indefiniciones y desconocimiento al respecto.

En este sentido, el estudio propone una implementación por etapas secuenciales, desde los acuerdos hacia lo normativo y luego la integración de diversos instrumentos.

Así, se valora la estandarización de metodologías por medio del inicio de una agenda de perfeccionamiento futura, para que sean parte de un próximo proceso de formalización.

Referencias

- Barrientos, S., Vera, E., Alvarado, P. & Monfret, T.**, 2004. Crustal seismicity in central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 16, 759-768.
- Cisternas, M.** et al., 2005. Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Nature*, 437, 404-407.
- Contreras, M. & 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.
- Cordero, E.**, 2011. Ordenamiento Territorial, Justicia Ambiental y Zonas Costeras. *Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, 36, 209-249.
- EM-DAT**, 2016. *Country Profile: Disasters by Country*. [En línea] Disponible en: http://www.emdat.be/country_profile/index.html [Último acceso: 07 Junio 2016].
- Fraser, S.** et al., 2012. Tsunami damage to coastal defences and buildings in the March 11th 2011 Mw9.0 Great East Japan earthquake and tsunami. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11(1), 205-239.
- Hidalgo, R. & Arenas, F.**, 2009. Del país urbano al país metropolitano. Transformaciones recientes en las ciudades chilenas. En: *Del país urbano al país metropolitano*. Santiago: GEOLibros - Instituto de Geografía Pontificia Universidad Católica de Chile, 9-29.
- INE**, 2015. *Actualización de población 2002-2012 y Proyecciones 2013-2020: Comunas*. [En línea] Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php [Último acceso: 01 Diciembre 2016].
- Kanamori, H.**, 1977. The energy release in Great Earthquakes. *Journal of Geophysical Research*, 82(20), 2981-2987.
- Lagos, M.**, 2000. Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 27, 93-102.
- Lockridge, P.**, 1985. *Tsunamis in Chile-Perú*, Colorado: Boulder.
- Lomnitz, C.**, 2004. Major Earthquakes of Chile: A Historical Survey, 1535-1960. *Seismological Research Letter*, 75(3), 368-378.
- Løvholt, F.** et al., 2014. Tsunami risk reduction. Are we better prepared today than in 2004?. *International Journal of Disaster Risk*, 10, 127-142.
- Métóis, M., Socquet, A. & Vigny, C.**, 2012. Interseismic coupling, segmentation and mechanical behavior of the central Chile subduction zone. *Journal of Geophysical Research*, 117(B3), 1-16.
- Moris, R.**, 2009. Las tuyas, las mías y las nuestras. Ideas para gestión urbana sustentable. *Revista Ciudad y Arquitectura*, 141, 1-12.

- Moris, R. & Ketels, F.**, 2014. *Sistema Integrado de Recuperación Post-Castástrofe*, Santiago: CIGIDEN.
- Omira, R., Baptista, M. & Lisboa, F.**, 2016. Tsunami Characteristics Along the Peru–Chile Trench: Analysis of the 2015 Mw8.3 Illapel, the 2014 Mw8.2 Iquique and the 2010 Mw8.8 Maule Tsunamis in the Near-field. *Pure Applied Geophysics*, 173, 1063-1077.
- Pardo, M., Comte, D. & Monfret, T.**, 2002. Seismotectonic and stress distribution in the central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 11-22.
- Rojas, C., Muñiz, I. & García-López, M. Á.**, 2009. Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *EURE*, 35(105), 47-70.
- Serplan**, 2010. Proyecto PROTEGER Coquimbo: *Proyecto de Ordenamiento Territorial para la gestión de Riesgos región de Coquimbo. Informe Técnico 2007-2010*, s.l.: MIDEPLAN.
- Subdere**, 2011. *Plan Regional de Ordenamiento Territorial: Contenido y Procedimiento*, Santiago de Chile: División de Políticas y Estudios.
- SVS**, 2012. *Terremoto 2010: Análisis e Impacto del 27-F en el Mercado Asegurador*. Santiago: Superintendencia de valores y seguros de Chile.
- Theilen-Willige, B.**, 2008. Tsunami hazard assessment in the Northern Aegean Sea. *Science of Tsunami Hazards*, 27(1), 1-16.