Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Gobierno de Chile

GUÍA METODOLÓGICA

PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DEL NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL





MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO
DIVISIÓN DE DESARROLLO URBANO
Departamento de Planificación y Normas Urbanas
www.minvu.cl

Guía Metodológica

PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DEL NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL

INDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 12
1.1 PRESENTACION DE LOS CONTENIDOS DE LA GUIA 12
1.2 DEFINICIONES GENERALES 14
1.2.1 Fundamentos conceptuales 14
1.2.2 ¿Qué vamos a entender por riesgo para un Instrumento de planificación territorial? 17
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS EN EL MARCO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN 20
1.3.1 Considerar el enfoque de planificación integrada 20
1.3.2 Planificar el territorio urbano nacional con el principio de reducción ante riesgo de desastre 20
1.3.3 Contribuir a la planificación de ciudades más seguras, resilientes y sostenibles 21
1.4 ¿A QUIÉN VA DIRIGIDA LA GUÍA? 21
2 MARCO TÉCNICO METODOLÓGICO 22
2.1 Premisas conceptuales y metodológicas 26
2.1.1 Amenaza 26
2.1.2 Vulnerabilidad 29
2.2 Procedimiento metodológico 30
2.2.1 Etapa de Preparación del IPT: Insumos para un Estudio de Riesgo 32
2.2.2 Etapa de Elaboración o Diseño del IPT 41
2.2.3 Etapa de Aprobación del IPT 91
2.3 Representación cartográfica 93
2.3.1 Sobre los niveles de la planificación y la escala para la zonificación del riesgo: coherencia y representación 93
2.3.2 Sobre la zonificación de las amenazas 93
2.3.3 Sobre la zonificación de la vulnerabilidad 96
2.3.4 Sobre la zonificación de los niveles de riesgo 97
2.4 Propuesta de contenidos de un estudio de Riesgo para un IPT 97
3 MARCO PROCEDIMENTAL 100
3.1 Incorporación y coherencia con los componentes de los IPT 100
3.2 Orientaciones para la gestión institucional (Gobernanza) 101
3.3 Sobre los órganos responsables 102
3.4 Sobre los procesos de participación 104
3.5 Procedimientos para la aprobación de la zonificación de los niveles de amenaza para los ipt 104
4 RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE 105
4.1 RECOMENDACIONES PARA LA GRD DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DEL IPT 105
4.2 RECOMENDACIONES PARA LA EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL MARCO DEL DESARROLLO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL 106
4.2.1 Sobre áreas y población a evacuar 106
4.2.2 Sobre zonas de seguridad 106
4.2.3 Sobre estructura de evacuación 106
4.3 CONSIDERACIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA PLANIFICACIÓN 109
4.3.1 Consideraciones de mitigación al cambio climático según la componente de Riesgo en los IPT 109
4.3.2 Consideraciones de adaptación al cambio climático según la componente de Riesgo en los IPT 109
5 BIBLIOGRAFÍA 113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Estudio de Riesgo IPT nivel intercomunal en el contexto del resto de los componentes del plan. 15
Ilustración 1-2: Estudio de Riesgo IPT nivel comunal en el contexto del resto de los componentes del plan. 15
Ilustración 1-3: Estudios de Riesgo y las funciones de la Memoria Explicativa del IPT. 16
Ilustración 1-4: Conceptos de la función del Riesgo 18
Ilustración 1-5: ¿Cómo vamos a entender el riesgo en la planificación? 19
Ilustración 2-1: Secuencia metodológica componentes del riesgo en etapa de elaboración del IPT. 25
Ilustración 2-2: Conceptualización de la Amenaza 28
Ilustración 2-3: Elaboración del estudio de amenaza 29
Ilustración 2-4 Niveles de amenaza según recurrencia e intensidad (conceptualización). 52
Ilustración 2-5 Rangos de intensidades y recurrencias para estudios de amenaza aplicados a IPT. 52
Ilustración 2-6 Matriz de decisión para definir los niveles de amenaza. 54
Ilustración 2-7 Correlaciones entre intervalos de recurrencia, tipos de evidencia y habitualidad. 56
Ilustración 2-8: Dimensiones – Factores y variables de Vulnerabilidad desde el enfoque de susceptibilidad de las condiciones urbano - territoriales 62
Ilustración 2-9: Factor de vulnerabilidad desde el enfoque de capacidades del sistema urbano - territorial 62
Ilustración 2-10: Análisis de vulnerabilidad y el método multicriterio de dimensiones/ factores / variables 69
Ilustración 2-11: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Social 70
Ilustración 2-12: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Física 72
Ilustración 2-13: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Ambiental 73
Ilustración 2-14: Síntesis de Plano de Vulnerabilidad urbana – territorial 74
Ilustración 2-15: Matriz de Riesgo según niveles de amenaza y vulnerabilidad 77
Ilustración 2-16: Criterios de Riesgo no mitigable, mitigable y admisible para la construcción Matriz 78
Ilustración 2-17: Niveles de Riesgo, resultante de la Matriz 79
Ilustración 2-18: Dimensiones – Factores y variables de Vulnerabilidad desde el enfoque de susceptibilidad de la construcción de Imagen Objetivo 80
Ilustración 2-19: Propuesta de criterios metodológicos para determinar la norma urbanística coherentemente con los niveles de riesgo. 82
Ilustración 2-20: Definición de criterios metodológicos para determinar la norma urbanística coherentemente con los niveles de riesgo. 85
Ilustración 2-21: Definición de criterios metodológicos para áreas de extensión o zonas sin consolidación urbana 85
Ilustración 2-22: Secuencia de etapas / fases del proceso de planificación y la elaboración del estudio de riesgo 92
Ilustración 2-23: Síntesis de cobertura de amenazas, caso área urbana Iquique. 95
Ilustración 2-24: Planos de susceptibilidad de amenazas y plano síntesis de amenazas del PRICT. 95
Ilustración 2-25: Delimitación de los niveles de vulnerabilidad urbana del nivel comunal de la planificación 96
Ilustración 2-26: Secuencia metodológica de los contenidos del estudio de Riesgo en el proceso de planificación del IPT. 99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1: Contenidos de la Guía Metodológica de Riesgo 13
Cuadro 2-1: Clasificación de las amenazas y su correspondencia con el Art. 2.1.17. de la OGUC. 27
Cuadro 2-2: Tipos de antecedentes para Estudio de Amenazas 43
Cuadro 2-3: Variables catastro base para cuantificar la exposición 60
Cuadro 2-4: Dimensiones, Factores y variables para el cálculo de los niveles de la vulnerabilidad en caso de PRC 66
Cuadro 2-5 : Cálculo de los niveles de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Social 67
Cuadro 2-6: Cálculo de los niveles de susceptibilidad de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Física 67
Cuadro 2-7: Cálculo de los niveles de susceptibilidad de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Ambiental 68
Cuadro 2-8: variables de base por dimensión para el análisis de vulnerabilidad: 68
Cuadro 2-9: Variables para el análisis de vulnerabilidad según tipo de amenazas 76
Cuadro 2-10: Variables de cálculo de vulnerabilidad según tipo de amenazas 81
Cuadro 2-11: Criterios normativos según niveles de riesgo 86
Cuadro 3-1: OAE convocados en el marco de la EAE de IPT y GRD 103
Cuadro 4-1: Recomendaciones de usos de suelo en áreas de riesgo muy alto y alto según criterios de prohibir, restringir, y controlar 105
Cuadro 4-2: Variabilidad de velocidad de evacuación según categoría de las vías 107
Cuadro 4-3: Niveles de pendiente según % velocidades promedio para el cálculo de la evacuación. 108
Cuadro 4-4: Amenazas climáticas asociadas a la clasificación de los tipos de amenaza natural o antrópica para la planificación territorial. 110

GLOSARIO

Alternativa de estructuración: Propuesta de ordenamiento urbano territorial que contiene elementos o normas definidas según el ámbito de competencia del instrumento y las condiciones específicas del territorio a planificar según lo señalado en el artículo 2.1.5 de la OGUC. Para efectos de la aplicación del procedimiento de EAE equivale a las opciones de desarrollo.

Amenaza: Fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente (Ley 21.364, Artículo 2º).

Análisis cualitativo: proceso en que se evalúa una condición o situación basándose en la experiencia de las/los investigadores en los escenarios estudiados (http://www.ujaen.es/) o análisis de carácter no cuantificable.

Análisis cuantitativo: proceso de análisis que utiliza herramientas matemáticas, estadísticas y el modelamiento de variables para evaluar distintos escenarios.

Catastro de la exposición: registro ordenado y sistematizado de la localización de población, edificaciones según tipos de usos de suelo e infraestructura, así como cualquier otro elemento presente en zonas delimitadas por niveles de amenaza, y en consecuencia podrían experimentar o estar afectos a pérdidas potenciales o daños, o cualquier otro impacto producto de la manifestación de alguna amenaza o peligro.

Cambio Climático: cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Ley Marco de Cambio Climático 21.455).

Clima: conjunto de las condiciones atmosféricas características de una zona geográfica, como la temperatura, presión atmosférica, humedad del aire, vientos y precipitaciones (Oyarzún, 2009) medidas en un tiempo representativo (30 años).

Cuenca hidrográfica: lugar geométrico conformado por todos los puntos que drenan hacia una misma corriente (emisario o colector), y cuyo límite con otras cuencas anexas viene marcado por líneas imaginarias llamadas divisorias (Pedraza Gilsanz, 1996; Brantt et al., 2021). Estas pueden ser exorreicas, es decir, que desaguan al mar, o endorreicas, las cuales no desaguan al mar.

Escala: relación que existe entre las dimensiones representadas en un mapa y las dimensiones reales del terreno. Las escalas pueden ser numéricas o gráficas. Por ejemplo, una escala numérica 1:250.000 significa que 1 cm en el mapa equivale a 250.000 cm (2,5 km) en la realidad.

Exposición: está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas (PNRRD 2020- 2030).

Equipamientos e Infraestructuras Críticas: Construcciones o instalaciones que tienen carácter estratégico por requerir que se encuentren operativos al primer momento de ocurrida una emergencia, junto con representar una alta vulnerabilidad en relación a su uso, función o usuarios. Estos equipamientos e infraestructuras corresponden a:

1. Equipamientos destinados a salud, que contemplen hospitalización o atención de urgencia;
2. Equipamientos destinados a educación parvulario, salas cuna y jardines infantiles;
3. Establecimientos educacionales de enseñanza básica y media;
4. Establecimientos educacionales de enseñanza superior o educación de adultos;
5. Hogares estudiantiles;
6. Equipamientos deportivos destinados a gimnasios;
7. Hogares de acogida y establecimientos de larga estadía para adultos mayores;
8. Edificaciones destinadas a centros de control de empresas de servicios energéticos y sanitarios, centros de control de autopistas, y emisoras de telecomunicaciones;
9. Equipamientos de seguridad;
10. Equipamientos destinados a servicios públicos correspondientes a oficinas de emergencia;
11. Infraestructura de transporte aéreo;
12. Terminales terrestres de transporte masivo;
13. Instalaciones de producción y almacenamiento de sustancias peligrosas;
14. Instalaciones de acumulación y tratamiento de agua.

Factores condicionantes: agentes intrínsecos del medio que favorecen la ocurrencia de una amenaza; a partir de su análisis y su distribución espacial es posible delimitar la susceptibilidad de la amenaza. En remociones en masa, por ejemplo, hace referencia a los agentes que participan o influyen en la inestabilidad de una unidad, masa rocosa o porción de tierra. Estos factores son inherentes al territorio en estudio.

Factores detonantes, desencadenantes o gatillantes: agentes o estímulos externos que, tras su actividad, generan una respuesta directa e inmediata del medio, iniciando la ocurrencia de una amenaza (PMA, 2007; Muñoz et al., 2021). Estos factores pueden ser analizados con métodos estadísticos para establecer cuantitativamente magnitudes características o período de retorno.

Factores Subyacentes del Riesgo: son aquellos procesos que subyacen y determinan la vulnerabilidad, tanto física como social y que contribuyen, impulsan, conducen o determinan de forma importante a la construcción, creación o existencia de condiciones de riesgo de desastres en la sociedad (PNRRD 2020- 2030).

Frecuencia: número de eventos o de procesos ocurridos en un intervalo de tiempo dado (SGC, 2017).

Gestión del Riesgo de Desastres: es el proceso continuo de la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas, regulaciones, instrumentos, estándares, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la RRD, con el propósito de evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual. También considerará, además de la organización y gestión de los recursos, las potestades y atribuciones que permitan hacer frente a los diversos aspectos de las emergencias y la administración de las diversas fases del ciclo del riesgo de desastres (PNRRD 2020-2030)

Hidrografía: estudio de las aguas y su distribución en la corteza terrestre (Dávila, 1995).

Hidrología: es la ciencia que estudia el comportamiento de las aguas y las leyes que rigen el comportamiento, como la permeabilidad, presión hidrostática, movimiento y circulación, así como propiedades físicas y químicas (Dávila, 1995).

Intensidad: medida del potencial destructivo de un fenómeno. Se emplean parámetros físicos, cuantitativos o cualitativos, para su caracterización (PMA 2007, SIGMA 2021, Safeland 2011).

Inventario de amenazas: registro ordenado de la ubicación y características de los eventos de las amenazas ocurridas en un área determinada. En lo posible, los registros deben contener información respecto al tipo de proceso, magnitud, tamaño y/o volumen, fecha de ocurrencia o edad relativa, actividad y causas. Pueden registrar todos los eventos ocurridos en el pasado, o sólo en un lapso de él (Arenas y Opazo, 2017).

Magnitud: medida cuantitativa o cualitativa del tamaño de un fenómeno. En el contexto de las amenazas, puede referir, por ejemplo, al volumen de un deslizamiento, a la magnitud de momento de un sismo, al índice de explosividad de una erupción, etc. (PMA 2007, SIGMA 2021, Safeland 2011).

Mapas de amenazas: instrumentos que identifican las áreas expuestas al efecto directo o indirecto de una amenaza, cuya representación gráfica es una zonificación simple realizada a través de diversas metodologías y variadas escalas según la amenaza (Art 35, Ley 21.364).

Mapa de riesgo: instrumento que identifica las áreas, según elementos y sistemas expuestos a amenazas origen natural como antrópicas, con relación a la vulnerabilidad y cuyas condiciones aumentan la susceptibilidad a los efectos de sufrir daño. En consecuencia, es una representación cartográfica de los niveles de probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños, de los elementos y sistemas expuestos a amenazas y su relación con la vulnerabilidad, en un en un territorio expuesto en un momento dado. (En base a Art 36, Ley 21.364).

Mapa de vulnerabilidad: instrumento que identifica las áreas susceptibles a los efectos de una amenaza, por las condiciones determinadas por factores o procesos físico, sociales, institucionales, económicos y/o ambientales. De esta manera, es una representación cartográfica de una zonificación de niveles de susceptibilidad al que está expuesto una persona, una comunidad, bienes, infraestructura o servicios o los sistemas a los efectos de una amenaza.

Mitigación: comprende las medidas dirigidas a reducir los riesgos existentes, evitar la generación de nuevos riesgos y limitar los impactos adversos o daños a las personas, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente producidos por las amenazas (PNRRD 2020- 2030).

Opciones de desarrollo: Estrategias que permitan pasar desde una situación actual hacia la deseada para alcanzar los objetivos planteados por los IPT en conformidad a lo establecido en el Articulo 4º Reglamento EAE. Para efectos del proceso de planificación urbano territorial, corresponderán a las distintas alternativas de estructuración en la fase de formulación y consulta de imagen objetivo, según el artículo 2.1.5 de la OGUC.

Peligrosidad: probabilidad de ocurrencia de un proceso, con una magnitud determinada dentro de cierto período de tiempo y en un área específica (Varnes, 1984). La estimación peligrosidad implica necesariamente una consideración de la variable temporal, es decir, el período de recurrencia de un evento (período de retorno).

Periodo de retorno: intervalo de tiempo promedio en que se espera que ocurra un evento de cierta magnitud. (SGC, 2017).

Probabilidad: medida del nivel de certidumbre. Tiene un valor que oscila entre 0 (imposible) y 1 (certidumbre total) (Safeland 2011).

Probabilidad espacial: probabilidad de que ocurra un suceso en un determinado lugar, dada la condición de que ocurra otro evento (SIGMA 2021).

Probabilidad temporal: probabilidad de que ocurra un suceso en un determinado periodo de tiempo (SIGMA 2021).

Procesos endógenos: conjunto de agentes, factores y fuerzas provenientes del interior de la Tierra, causados por la pérdida de calor interno del planeta y que dan origen a procesos como el movimiento de placas tectónicas, magmatismo, metamorfismo y deformación de la corteza terrestre.

Procesos exógenos: conjunto de agentes, factores y fuerzas externas que actúan sobre la superficie terrestre o cerca de ella, y dentro de los cuales se reconoce la meteorización, erosión y sedimentación. Estos procesos están alimentados, principalmente, por la irradiación de energía desde el Sol.

Resiliencia: proceso dinámico asociado a la capacidad de un sistema y de sus componentes, tales como población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente entre otros, para anticipar, resistir, absorber, adaptar y recuperarse de los efectos de un evento, de manera integral, oportuna y eficaz, incluso garantizando la preservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas.

Permite dimensionar la habilidad de un sistema con la cual una comunidad se recupera inmediatamente posterior a la ocurrencia de un evento, y cómo supera el estado existente previo al desastre. Cuentan para la evaluación de la resiliencia aspectos como la redundancia, rapidez, robustez y habilidad (PNRRD 2020- 2030).

Riesgo: probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en un territorio expuesto a amenazas de origen natural o antrópico, durante un tiempo determinado. El riesgo de desastre es consecuencia de la interacción entre los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición (PNRRD 2020- 2030).

Riesgo Residual: nivel de riesgo remanente después de proceder con medidas y obras de mitigación, contrarrestado el riesgo no mitigado.

Susceptibilidad (aplicado a la amenaza): estimación cualitativa o cuantitativa de la distribución espacial de una amenaza dada, que ya existe o que potencialmente podría ocurrir en un área. Permite definir el nivel de ocurrencia de una amenaza según su mayor o menor frecuencia y/o intensidad, por lo que el análisis de susceptibilidad no considera el período de retorno de los eventos, es decir, no considera el factor tiempo (JTC-1, 2008).

Umbral: nivel mínimo de alguna cantidad necesaria para que un proceso tenga lugar o suceda un cambio de estado (SGC, 2017).

Vulnerabilidad: condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos y o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios o los sistemas a los efectos de las amenazas (PNRRD 2020- 2030).

Zonificación: proceso de ordenamiento que determina la porción del territorio regulado por un Instrumento de Planificación Territorial con iguales condiciones de usos de suelo y de normas urbanísticas como de edificación o de subdivisión.

ACRÓNIMOS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCHEN	Comisión Chilena de Energía Nuclear
CGR	Contraloría General de la República
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CSN	Centro Sismológico Nacional
DAE	Diagnóstico Ambiental Estratégico
DDU	División de Desarrollo Urbano
DEM	Modelo Digital de Elevación de Terreno en su sigla en inglés
DFL	Decreto con Fuerza de Ley
DGA	Dirección General de Aguas
DIPLADE	División de Planificación y de Desarrollo Regional
DMC	Dirección Meteorológica de Chile
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
FCD	Factor Crítico de Decisión
FFAA	Fuerzas Armadas
FSR	Factores Subyacentes del Riesgo
GAR	Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, sigla en inglés de Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de catástrofes
GEI	Gases Efecto Invernadero
GORE	Gobierno Regional
GRRD	Gestión de Reducción del Riesgo de Desastres
IDE	Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile,
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático
IPT	Instrumento de Planificación Territorial
LGUC	Ley General de Urbanismo y Construcciones
LIDAR	Light Detection and Ranging, sigla en inglés que significa Detección y Medición de la Luz.
MDSyF	Ministerio de Desarrollo Social y Familia
MINTERSP	Ministerio del Interior y Seguridad Pública.
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
NGRD	Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastre de Colombia
OTMA	Órganos Técnicos de Monitoreo de Amenaza
OAE	Órganos de Administración del Estado
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
OGUC	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

ONEMI	Oficina Nacional de Emergencia
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PDC	Corrientes de densidad piroclástica, de su sigla en inglés
PENRRD	Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
PIIMEP	Planes de Inversiones de Infraestructura de Movilidad y Espacio Público
PNDU	Política Nacional de Desarrollo Urbano
PNRRD	Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PRC	Plan Regulador Comunal
PRI	Plan Regulador Intercomunal
PRICT	Plan Regulador Intercomunal Costero de Tarapacá
PRM	Plan Regulador Metropolitano
RRD	Reducción del Riesgo de Desastres
SECTRA	Secretaría de Planificación en Transporte
SENAPRED	Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, sucesor legal de ONEMI.
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada
SIG	Sistema de Información Geográfico
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional
UNISDR	United Nation Office for Disaster Risk Reduction, sigla en inglés de la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres, sucedida por UNDRR.



Iquique, Región de Tarapacá.

1. PRESENTACIÓN



1 INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACION DE LOS CONTENIDOS DE LA GUIA

La presente Guía metodológica, tiene como objetivo fijar un estándar para la elaboración de Estudios de Riesgos para planes reguladores de nivel comunal e intercomunal o modificación de los mismos conforme el artículo 2.1.17. de la OGUC. Particularmente, para los efectos de la definición de las áreas de riesgo y las decisiones de planificación relacionadas, en especial, la fundamentación para determinar los aspectos y las normas urbanísticas para los diferentes niveles de riesgo en el área sujeta a planificación. Para ello, plantea incorporar los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, como componentes de la secuencia metodológica de análisis que genera la información necesaria para adoptar dichas decisiones de planificación.

A su vez, se busca establecer el diálogo y la coherencia entre instrumentos mediante recomendaciones de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) para tomar las decisiones sobre la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia, que permita una planificación territorial sensible al riesgo de desastre. Lo anterior, con el propósito de fortalecer el carácter prospectivo del análisis del riesgo en los planes reguladores intercomunales y comunales.

Los contenidos de la presente Guía metodológica se organizan en 4 capítulos y 2 anexos para su consulta y aplicación, los que se indican a continuación:

El **capítulo 1** corresponde a la presente sección que expone las definiciones generales, fundamentos y objetivos de la guía. Esto, en términos de considerar el enfoque de planificación integrada, adoptar con certeza jurídica el enfoque normativo de los estudios de riesgo y las consecuentes recomendaciones para la gestión, a fin de planificar nuestras ciudades y territorios acorde con la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD).

El **capítulo 2**, sistematiza el marco técnico metodológico partiendo por la explicitación de criterios metodológicos que deben ser adoptados para la elaboración de los estudios de riesgo de los IPT, hasta los procedimientos recomendables y sus contenidos mínimos. Las orientaciones metodológicas buscan establecer los estándares mínimos de calidad técnica, particularizando en el propósito del estudio de riesgo, el cual consiste en fundamentar las normas y aspectos urbanísticos que se dispongan en las áreas urbanas y territorios objeto de la planificación en general.

El **capítulo 3**, corresponde al marco procedimental para la realización de los estudios de riesgo en el contexto de la implementación de un proceso de planificación y sus procedimientos de Evaluación Ambiental Estratégica EAE, técnico normativo y participación. Así como entrega las referencias sobre su proceso de elaboración, señala a su vez los procedimientos para su aprobación en el contexto de las instancias aprobatorias del propio instrumento de planificación.

El **capítulo 4** final, aporta algunas recomendaciones de gestión del riesgo de desastres que se desprenden del proceso de planificación territorial.

Los **anexos** corresponden a los antecedentes e información de apoyo para comprender y orientar de mejor manera su aplicación, a fin de que las decisiones de planificación según definición de aspectos y normas urbanísticas permitan reducir los riesgos de los centros

poblados y los sistemas urbanos. Los anexos dan cuenta del marco normativo, conceptual y un compendio metodológico. En detalle:

El **Anexo 1** entrega una compilación del marco normativo aplicable al riesgo en la planificación, tanto en materia de gestión del riesgo de desastres con la Ley Nº 21.364, como en materia de Cambio Climático con la Ley Nº 21.455, como el marco normativo contenido en la LGUC y OGUC sobre planificación territorial, urbanización y edificación, y sus modificaciones; incorporando Ley Nº 21.078 sobre Transparencia del Mercado del Suelo e Impuesto al Aumento del Valor por Ampliación del Límite Urbano. Complementa los citados cuerpos legales y normativo aplicables a la planificación, las políticas públicas nacionales de Desarrollo Urbano así como de Reducción del Riesgo de Desastres, tanto en razón a sus principios, objetivos y lineamientos. También contiene el marco conceptual sistematizado desde los documentos de la Organización de las Naciones Unidas ONU, que documenta el marco de los acuerdos nacionales suscritos por Chile, y los conceptos que se desprenden de nuestro marco jurídico y políticas públicas.

El **Anexo 2,** compila metodologías aplicables a los estudios de amenazas las que se detallan por tipo. En particular contiene métodos que permitan evaluarlas como orientación para arribar a resultados útiles a la planificación.

La secuencia de capítulos y anexos expuestos, se esquematiza en el siguiente cuadro.

Cuadro 1-1: Contenidos de la Guía Metodológica de Riesgo

1. INTRODUCCIÓN / PRESENTACIÓN
- 1.1 Presentación de los contenidos de la Guía
- 1.2 Definiciones generales de contexto y alcance
- 1.3 Objetivos
- 1.4 ¿A quién va dirigida esta guía?

2. MARCO TÉCNICO METODOLÓGICO
- 2.1 Desafíos de integrar la GRD en la planificación urbana
- 2.2 Propuesta criterios metodológicos
- 2.3 Procedimientos metodológicos
- 2.4 Representación cartográfica
- 2.5 Propuesta de contenidos de un estudio de Riesgos para IPT

3. MARCO PROCEDIMENTAL
- 3.1 Incorporación y coherencia con los componentes de los IPT
- 3.2 Orientaciones para la gestión institucional (Gobernanza)
- 3.3 Sobre los órganos responsables
- 3.4 Sobre los procesos de participación
- 3.5 Procedimientos para la aprobación de la zonificación de los niveles de amenaza para los IPT

4. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE
- 4.1 Recomendaciones para la GRD de los estudios técnicos del IPT
- 4.2 Recomendaciones para la evacuación de la población en el marco del desarrollo del proceso de planificación territorial
- 4.3 Consideraciones de Cambio Climático para la planificación

GUIA

Contenidos orientados a la aplicación para la elaboración de estudios de Riesgo para IPT

1. MARCO NORMATIVO y CONCEPTUAL

MARCO NORMATIVO
- 1.1 Marco normativo de gestión de riesgo
- 1.2 Marco normativo de Cambio Climático
- 1.3 Marco normativo de la planificación urbana territorial
- 1.4 Política Nacional de Desarrollo Urbano
- 1.5 Política Nacional para la RRD

MARCO CONCEPTUAL
- 2.1 Acuerdos Internacionales suscritos por Chile
- 2.2 Recomendaciones internacionales adscritas por Chile
- 2.3 Conceptos de Reducción de Riesgo de Desastres en Chile

2. MÉTODOS PARA EVALUACIÓN DE AMENAZAS
- 1.1 Amenazas de origen natural
- 1.2 Amenazas de origen antrópico

ANEXOS

antecedentes e información de referencia para comprender y orientar la aplicación de la Guía.

1.2 DEFINICIONES GENERALES

1.2.1 Fundamentos conceptuales

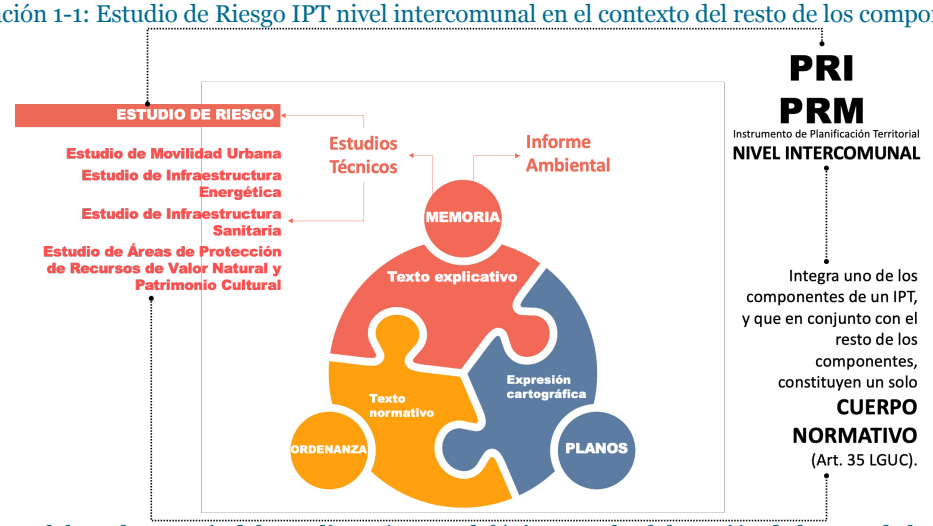
Conforme la legislación vigente, los instrumentos de planificación territorial o IPT, son instrumentos de carácter normativo en su aplicación y sus componentes (Memoria Explicativa, Estudio de Factibilidad en el caso de los PRC, Ordenanza Local y Planos) constituyen un solo cuerpo normativo para los efectos de su aprobación, modificación y aplicación. La Memoria Explicativa conforma este cuerpo normativo, y como parte de sus contenidos que justifican las decisiones de planificación, se encuentran los estudios técnicos, contexto en el cual se desarrolla el Estudio de Riesgos (inciso primero, numeral 1 literal e) del Artículo 2.1.8. y Art 2.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (en adelante OGUC) y sus modificaciones. Este estudio junto con los otros que exige la OGUC, fundamenta las normas urbanísticas relativas a la definición de Áreas de Riesgo, según las disposiciones contempladas en el artículo 2.1.17 del mismo capítulo de la planificación de la citada OGUC.

Todos estos componentes deben cautelar la adecuada coherencia entre ellos para los fines de garantizar que su coherencia como un solo cuerpo normativo, tal cual lo dispone la Ley General de Urbanismo y Construcciones (en adelante LGUC) en sus artículos 35 y 42 (para el caso de los planos reguladores intercomunales PRI y planes reguladores comunales PRC, respectivamente).

En términos generales, cabe señalar que las áreas de riesgo son materia relevante en ambos niveles de planificación, intercomunal y comunal, por cuanto alude a aspectos diversos, tales como consistencia entre las disposiciones aplicables a dichas áreas entre los PRI y los PRC, y estos a su vez con lo prescrito en el artículo 2.1.17. de la OGUC; redacción de las normas aplicables una vez cumplidos los requisitos normativos respectivos, coincidencia en ambos niveles de la planificación de la delimitación de dichas áreas; así como a la redacción de los textos normativos, desde la definición y fundamentación de la norma urbanística, hasta la secuencia formal del establecimiento de la norma. Se hace hincapié en la definición de criterios para la delimitación de las áreas riesgo y su adecuada correspondencia con la norma urbanística establecida posteriormente.

A continuación, se presenta un esquema gráfico de los componentes de un Plan Regulador del nivel Intercomunal, identificando el Estudio de Riesgos como uno de los estudios técnicos de la memoria explicativa.

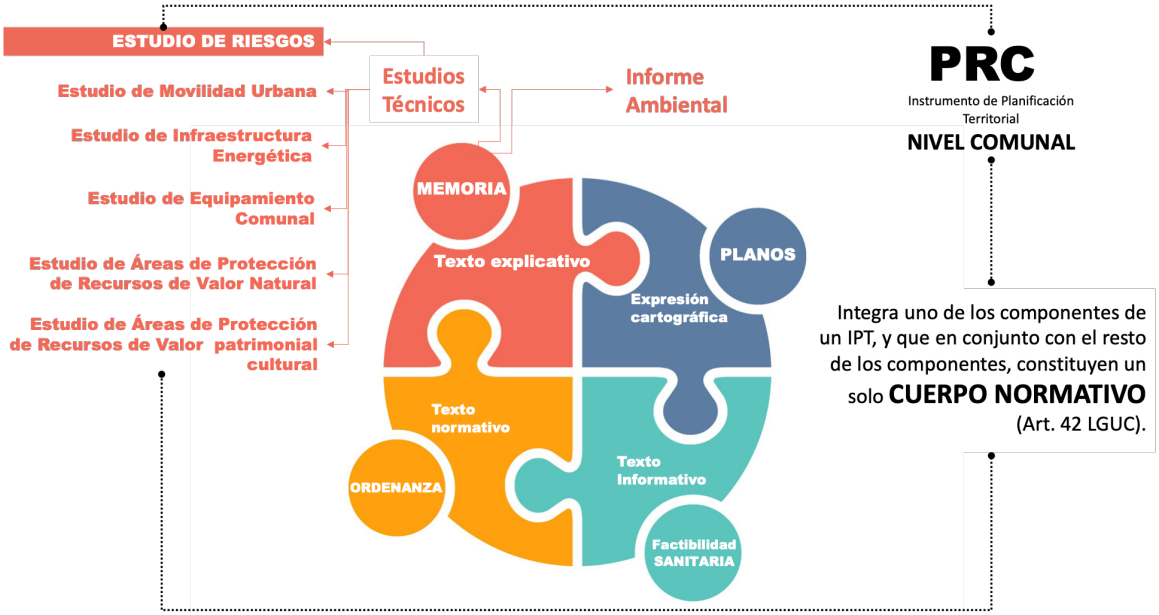
Ilustración 1-1: Estudio de Riesgo IPT nivel intercomunal en el contexto del resto de los componentes del plan.



Fuente: Elaborado a partir del estudio Guía Metodológica para la elaboración de las ME de los IPT, MINVU, 2018, y el Decreto N° 57 D.O. 06.04.2023.

De igual forma se presenta a continuación un esquema gráfico de los componentes de un Plan Regulador del nivel comunal, identificando el Estudio Fundado de Riesgos como parte de los estudios técnicos de la Memoria Explicativa.

Ilustración 1-2: Estudio de Riesgo IPT nivel comunal en el contexto del resto de los componentes del plan.

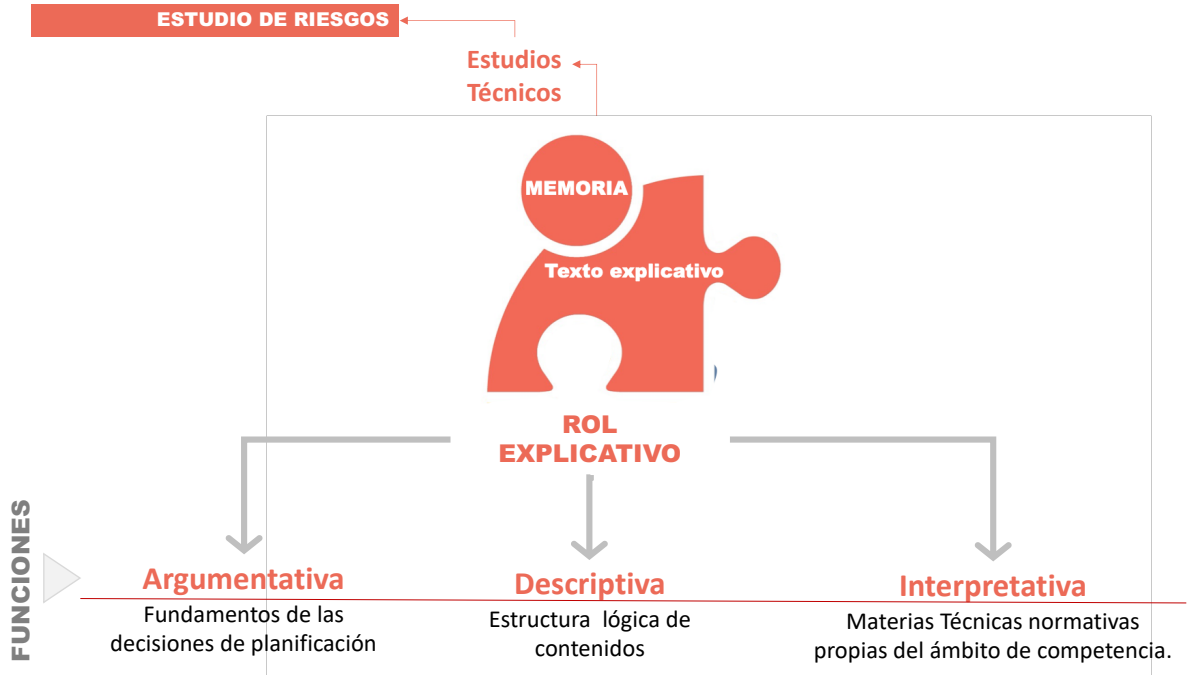


Fuente: Elaborado a partir del estudio Guía Metodológica para la elaboración de las ME de los IPT, MINVU, 2018, y el Decreto N° 57 D.O. 06.04.2023.

Como se puede apreciar en ambas ilustraciones (1-1 y 1-2), tanto en los niveles de la planificación intercomunal como comunal, el Estudio de Riesgo es uno de los estudios técnicos que integra la Memoria Explicativa del respectivo plan, y como tal debe contribuir a dicho rol explicativo, cumpliendo sus funciones de tipo argumentativa, descriptiva e interpretativa (Ver Ilustración 1-3).

Por esta razón es que el Estudio de Riesgo de un IPT, debe constituirse en un documento técnico fundado, cuyo objetivo es identificar las amenazas, con sus niveles de peligrosidad y su relación con los factores de vulnerabilidad relevantes para la planificación territorial urbana; debiendo ser consistente con el enfoque prospectivo de la planificación, por cuanto considera no solo la situación existente sino también la proyectada para efectos tanto de adaptación como de mitigación conforme a niveles de riesgo determinados. Para que se cumpla dicho objetivo deberá ser suscrito con una firma, por un profesional especialista, sin perjuicio que en su elaboración participen otros profesionales o técnicos (Artículo 2.1.10. OGUC)[1].

Ilustración 1-3: Estudios de Riesgo y las funciones de la Memoria Explicativa del IPT



Fuente: Estudio de contenidos para la elaboración de la memoria Explicativa de los IPT. MINVU- DDU, 2018.

Junto con lo anterior, es relevante comprender que el Estudio de Riesgo, además de constituirse en una herramienta para identificar las áreas de riesgo, sirve para orientar la definición de normas urbanísticas cuando se cumplan los requisitos de mitigación.

En el marco del ejercicio de la planificación territorial se debe prever la necesaria coherencia entre los componentes de un IPT, así como su adecuado desarrollo, considerando evitar dificultades en su interpretación y por tanto, en la aplicación de la normativa del mismo IPT, entre las cuales se encuentran las correspondientes al ámbito de intervención en área de riesgo o de una emergencia.

Asimismo, el contenido y enfoque de los Estudios de Riesgo al relacionarse con el desarrollo de un instrumento de planificación territorial de carácter normativo, tiene por finalidad

[1] Propuesta Decreto Borrador Art 2.1.17 de la OGUC, Áreas de Riesgo DDU, MINVU, 2020.

aportar con directrices y herramientas atingentes para la planificación, sustentado en conocimiento técnico aplicado, esto es, la regulación del sistema de asentamientos humanos.

Los tiempos de elaboración y especialmente de tramitación de los IPT pueden exceder a los cambios que transcurren en el territorio y con ello los probables escenarios de riesgo, quedando desactualizados los estudios al momento de la aprobación de los instrumentos. Lo anterior, atendiendo a la naturaleza dinámica del riesgo, el que pudo haberse acrecentado o mitigado, siendo necesario su seguimiento, evaluación y/o modificaciones.

Por lo expuesto, esta Guía tiene como objetivo orientar y recomendar los procedimientos metodológicos y de modelación del riesgo que más se ajusten a los propósitos y alcances de la legislación urbana. En consecuencia, los fundamentos conceptuales que esta Guía Metodológica incorpora para la elaboración de los Estudios de Riesgos de los IPT, se sintetizan en:

1. Definiciones y Orientaciones Metodológicas para el desarrollo de estos Estudios que, de manera flexible, se adapten a las condiciones técnicas y de contexto.
2. Contenidos según fundamentos conceptuales y técnicos requeridos para el desarrollo de los estudios. Al respecto, los fundamentos conceptuales integran los elementos para la correcta interpretación y aplicación normativa, según el ámbito de acción y nivel de planificación; en tanto que los fundamentos técnicos integran los métodos adecuados para validar y/o sustentar las disposiciones normativas, estableciendo los criterios mínimos de planificación.
3. Elementos o criterios para garantizar coherencia entre el Estudio de Riesgos y el resto de los componentes del IPT. El Estudio de Riesgos, siendo parte de la Memoria Explicativa, se constituye en un insumo imprescindible para el proceso de toma de decisiones de planificación, fundamentando las normas urbanísticas propuestas, en concordancia con cada ámbito de acción propio y nivel de planificación.
4. Orienta la definición de normas urbanísticas para cuando se cumplan los requisitos de mitigación, considerando disposiciones específicas para todas las áreas de riesgo, ya sean definidas como zonas o como capa superpuesta a las respectivas zonas, subzonas, sectores o porción del territorio sujeto a planificación. En particular, también considera aquellos casos en los cuales no es posible establecer obras de mitigación para determinadas amenazas, pues el Estudio de Riesgos no solamente se constituye como una herramienta para identificar las áreas de riesgo, sino también para sustentar la definición de normas urbanísticas.

1.2.2 ¿Qué vamos a entender por riesgo para un Instrumento de planificación territorial?

Para la definición de áreas de riesgo, su comprensión y análisis prospectivo en los IPT, esta guía metodológica adopta las definiciones de los conceptos de Amenaza, Exposición, Vulnerabilidad y Riesgo contenidos en la Ley N° 21.364 en primer lugar y en la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, aprobada mediante DS N° 434, de 2021, del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, que en su Anexo N° 2, Glosario de Términos, incorpora las definiciones según se indican:

a) Amenaza: fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente (Ley 21.364, Artículo 2º).

b) Exposición: localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas (PNRRD, 2020-2030).

c) Vulnerabilidad: Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios, afectos a amenazas (Ley N°21.364, Artículo 2º).

d) Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones y daños ambientales, sociales y económicos, en un territorio expuesto a amenazas de origen natural o antrópicas, durante un tiempo determinado.

El riesgo de desastre es consecuencia de la interacción entre los factores de amenaza, vulnerabilidad y exposición (PNRRD, 2020-2030), como los tres elementos que lo componen, según se esquematiza a continuación.

Ilustración 1-4: Conceptos de la función del Riesgo



Fuentes: Ley 21.364 establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres. publicada 07.08.2021. Ley 21.455 Ley Marco de Cambio Climático, publicada 13.06.2022. UNISDR, 2016 en Política Nacional y Plan Estratégico para la Reducción de Riesgo de Desastre, 2020 – 2030, ONEMI. Hadner 2003, en Prior, et al 2017, en Informe 3 Guía Metodológica MINVU, DESE PUC, 2021.

Dicha concepción del riesgo, tiene su fuente oficial en las definiciones contenidas en la Ley 21.364, la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastre y su consecuente Plan Estratégico Nacional. Un desastre es la interrupción en el funcionamiento del sistema territorial habitado por una comunidad o sociedad, por lo que puede ocasionar pérdida de vidas humanas al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales. Esta perturbación, además puede exceder la capacidad del sistema territorial de esa comunidad o la sociedad afectada, para enfrentar la situación de desastre con sus propios recursos y capacidades.

Se busca contribuir a una comprensión común respecto a qué vamos a entender por riesgo para la planificación urbana territorial (Ver Ilustración 1-5). El origen de las amenazas tanto natural como antrópicas, releva las "causas" tendientes a responder la pregunta ¿Cuáles son las amenazas, y de qué modo se pueden categorizar sus niveles, según el contexto territorial?

Frente a la exposición que da cuenta de la localización de las personas, actividades, edificaciones e infraestructuras, se plantea la pregunta para el análisis del riesgo ¿Qué tan expuesto estamos?, es decir ¿Cuál es el territorio que está bajo un área de amenaza, para una determinada probabilidad de ocurrencia y magnitud definida? Luego la Vulnerabilidad da cuenta de las "condiciones" de todos los elementos del medio humano como construido que están expuestos frente a una amenaza según su localización y en consecuencia su evaluación busca responder la pregunta ¿Cuáles son las condiciones que tiene el territorio expuesto, que lo hace ser más susceptible a una amenaza? Por último, el Riesgo se analiza en términos de "consecuencias" es decir, resultado de las condiciones de vulnerabilidad de la localización de componentes del medio urbano – territorial expuestos a la probabilidad de ocurrencia de amenazas. De esta forma, el Riesgo se puede manejar, siendo posible de responder como una de las decisiones de planificación ¿Qué nivel de daños estamos dispuestos a sufrir ante una amenaza? ¿Cuál es el nivel de riesgo mitigable, no mitigable y riesgo remanente que se puede administrar en el territorio sujeto a planificación? conforme a cada contexto. Más aún, frente a escenarios de cambio climático como un coadyuvante o amplificador de los fenómenos dañinos (amenazas) cabe aclarar ¿cómo podemos adaptarnos?, en cuyo caso la planificación urbana sin duda tiene un rol significativo en el logro de ciudades y territorios más resilientes.

Los esfuerzos de planificación en este contexto deben concentrarse en **actuar sobre la exposición,** y **reducir la vulnerabilidad**, para disminuir en consecuencia el riesgo de desastre. En otras palabras, un proceso de planificación deberá poder responder a la siguiente pregunta ¿cuál es el nivel de riesgo admisible? en cada contexto, definido como el nivel de las pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptable, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes (UNISDR, 2009).

Ilustración 1-5: ¿Cómo vamos a entender el riesgo en la planificación?



Fuente: Elaboración propia a partir del Diagnóstico 1, del presente estudio.

El propósito es sostener el compromiso para con el desarrollo de ciudades resilientes, mediante el ejercicio de la planificación como función pública específica, considerando especialmente su carácter prospectivo. Para ello, la gestión del riesgo de desastres se refiere a un proceso dinámico asociado tanto a los componentes como a la capacidad de un sistema. En términos de componentes de un sistema urbano territorial se refiere a población,

¿Qué se entiende por riesgo en la planificación?



AMENAZAS

¿Qué tan susceptible estamos?

CAUSAS

¿Cuáles son las amenazas, y de qué modo se pueden categorizar sus niveles, según el contexto territorial y el marco del estudio?

1 Naturales 2 Antrópicas



EXPOSICIÓN

¿Qué tan expuestos estamos?

LOCALIZACIÓN

¿Cuál es el territorio que está bajo un área de amenaza, para una determinada probabilidad de ocurrencia y magnitud definida?



VULNERABILIDAD

¿Qué tan sensibles somos?

CONDICIONES

¿Cuáles son las condiciones que tiene el territorio expuesto, que lo hace ser más susceptible a una amenaza?

ÁMBITO DE DECISIONES DE LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL



RIESGO

¿Qué nivel de daños estamos dispuestos a sufrir?

CONSECUENCIAS

¿Qué nivel de daños estamos dispuestos a sufrir en el territorio expuesto ante una amenaza?

Fuente: Elaboración propia. (2023)

infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente. Y en términos de capacidad del sistema se refiere no sólo según lo señalado a poder resistir, absorber, adaptar y recuperarse de los efectos de un evento, sino en especial a la capacidad de poder anticipar (PNRRD, 2020-2030). Así la resiliencia según la PNRRD (2020-2030) permite dimensionar la habilidad de un sistema tanto para superar su estado existente previo al desastre como para recuperarse inmediatamente posterior a la ocurrencia de éste.

En consecuencia, comprender el riesgo permite dilucidar la incidencia del proceso de planificación urbana territorial en la gestión de riesgo de desastres, orientándose hacia el logro de comunidades más resilientes, como principio de la planificación.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO FUNDADO DE RIESGOS EN EL MARCO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

1.3.1 Considerar el enfoque de planificación integrada

Planificar, gestionar e invertir en la reducción de riesgo de desastres para la resiliencia, significa fundamentar la norma urbanística de condicionantes o limitantes al desarrollo o crecimiento futuro, junto con el establecimiento de obras de inversión que cumplan la función de vías de evacuación o disponibilidad de áreas seguras (circulaciones o áreas verdes o espacios públicos) en concordancia con el estudio de movilidad de los IPT y planes de gestión de reducción de riesgo ante desastres, además del plan de emergencia al momento de establecer y acordar los protocolos ante la ocurrencia de una catástrofe. Este objetivo, plantea por tanto considerar un enfoque de planificación integrada para abordar la gestión de riesgo de desastre en sistemas urbanos.

Del enfoque de planificación integrada, se adoptan dos aspectos centrales. Uno, la multidimensionalidad del territorio y sus habitantes, donde algunos de los aspectos refieren a la normativa urbana (usos de suelo, circulaciones como vialidad estructurante) pero que se combinan con otros ámbitos de acción necesarios para abordar los problemas de gestión de riesgo en los centros poblados y territorios en forma integral. Y Dos, la multi escala del territorio, en cuanto a que existe una interdependencia funcional entre el nivel o escala comunal, intercomunal o regional, respectivamente.

1.3.2 Planificar el territorio urbano nacional con el principio de reducción ante riesgo de desastre

Planificar el territorio con el objetivo de evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual (PNRRD, 2020- 2030). Este propósito en coherencia a los objetivos de la Planes de Gestión de Riesgos ante desastres que viene de una política nacional asociada a la materia de riesgo, constituyéndose en una orientación clara a las actividades que se consideran y las decisiones que se adopten en las diferentes etapas del proceso de planificación.

Este objetivo plantea interrelacionar ambos procesos de planificación por un lado y el proceso de gestión de riesgo de desastre por otro, definido este último como un proceso "*continuo de carácter social, profesional, técnico y científico de formulación, ejecución, seguimiento y evaluación… de planes y regulaciones… para el conocimiento y la reducción del riesgo de desastres*" (Articulo 2, letra d) Ley 21.364).

Considerar la integración de la planificación con la gestión del riesgo de desastres en el proceso de toma de decisión de análisis/ diagnóstico/ tendencias y diseño, hace innecesario

generar adecuaciones posteriores en los instrumentos de planificación, dado que en su elaboración se ha de asegurar la coherencia externa e interna de las intervenciones de reducción del riesgo.

1.3.3 Contribuir a la planificación de ciudades más seguras, resilientes y sostenibles

Adoptar los criterios técnicos pertinentes a la definición de las normas urbanísticas en las áreas normadas por la planificación territorial, consistente con sus diferentes niveles de riesgos, contribuyendo a la planificación de ciudades más seguras, resilientes y sostenibles. Lo anterior, conforme a los objetivos de las políticas públicas nacionales de desarrollo urbano y para la reducción del riesgo de desastres, que plantean prevenir nuevos escenarios de riesgo y mitigar los existentes (principio de resiliencia, PNRRD) y planificar las ciudades y los sistemas de centros poblados para que sean capaces de sobreponerse a los desastres, sin perjuicio de su origen.

1.4 ¿A QUIÉN VA DIRIGIDA LA GUÍA?

La Guía se orienta a los órganos responsables de la planificación, sus respectivos estamentos técnicos y decidores políticos. El propósito es contar con una guía metodológica que proporcione los criterios técnicos que se deberán aplicar en cada contexto, conforme el territorio sujeto a planificación.

Está dirigida a su vez, a todos los profesionales que intervienen en el proceso de planificación, específicamente en la elaboración de los Estudios de Riesgos para los IPT, conforme a las diferentes disciplinas que refieren a los estudios de los componentes de amenazas, exposición y vulnerabilidad. Y muy especialmente, se enfoca a los planificadores a cargo de asumir la coordinación del desarrollo del proceso de planificación, integrando debidamente en el proceso de decisión técnico- política, los contenidos que aportan estos Estudios de Riesgos.



Chaitén, Región de Los lagos.

2. MARCO TÉCNICO METODOLÓGICO



2 MARCO TÉCNICO

El marco técnico señala en primer lugar los criterios que se deben adoptar para el desarrollo de un Estudio de Riesgos de un IPT, y en segundo lugar considera entregar recomendaciones para el desarrollo de planes y estrategias para la reducción de riesgos de desastres, desarrollando, a su vez, un proceso de planificación en coherencia con los esfuerzos de adaptación al cambio climático y desarrollo sustentable (ONEMI, 2021; 13)[2]

Se plantean cuatro desafíos significativos en la definición e implementación de procedimientos metodológicos para los estudios de riesgos.

Primero, desde la premisa de una planificación integrada, se concibe establecer los procedimientos propios del proceso de planificación y su correspondencia con la gestión del riesgo de desastres en un contexto de cambio climático. Esta relación plantea el desafío metodológico de integrar en los procesos que se implementan para el diseño de los IPT, sus efectos conforme a los modelos de desarrollo urbano propuestos. De esta manera, se contribuiría además de la construcción de territorios resilientes al riesgo de desastres, a reducir la brecha entre las estrategias de adaptación al cambio climático y sus efectos en las poblaciones vulnerables.

Segundo, la elaboración de un estudio que determina el riesgo analizando las condiciones de vulnerabilidad, prevé el grado de exposición a amenazas según el asentamiento humano en el territorio sujeto a planificación, para la definición de los escenarios de desarrollo urbano que se proyecten. En consecuencia, la precisión de la norma urbanística relativa al área de riesgo aplicable según los diferentes niveles de susceptibilidad de la amenaza y exposición, se sustentará en priorizar la seguridad para la vida de las personas y la reducción de las condiciones de vulnerabilidad según su ámbito de acción, lo que se plantea como una cuestión ética en la planificación, entendida también como práctica política.

Tercero, el desarrollo del análisis de amenazas naturales y antrópicas como parte del diagnóstico del proceso técnico, adoptando el enfoque integral, interrelacional, multifactorial e interdisciplinario de la multiamenaza. Lo expuesto, es un punto de partida para identificar áreas de riesgo correspondiente a las causas que lo originan o desencadenan.

Y cuarto, la generación necesaria de datos y sistematización de información, para medir los efectos del riesgo en territorios sujetos a planificación, así como tomar las decisiones en base a la evidencia empírica y con la validez científica – técnica. Dicho conocimiento es exigible para la definición de áreas de riesgo y la fundamentación del conjunto de normas urbanísticas asociadas a sus diferentes niveles de susceptibilidad de la amenaza como de probabilidad de ocurrencia del riesgo.

La propuesta metodológica se comprende lo suficientemente flexible, a fin de que el desarrollo del conocimiento científico – técnico proveniente de la academia y de la agenda internacional[3], puedan ser continuamente integradas en el proceso de planificación para su aplicación. En este mismo sentido, considerando la variabilidad y procesos de innovación permanentes, no es adecuado determinar una metodología de referencia tipo para abordar estudios de amenazas, así como de riesgos para todos los sistemas urbanos o centros

[2] Informe País CHILE, VII Plataforma regional para la Reducción del Riesgo de Desastres en las Américas y el Caribe. 01 al 04 de noviembre, Kingston, Jamaica (Telemática) ONEMI 2021.
[3] Entre otros:
Herramienta digital de modelación www.auramodel.cl Software Evaluador de Clima Urbano, Adaptation, urban climate and risk análisis, Proyecto ANID/ FONDEF ID 20I10378 de la U. De Chile.
Proyecto ASISTE: Análisis Sismo- Tsunami- Evacuación, proyecto del fondo Concurso de Investigación Tecnológica 2020 – IDEA FONDEF de ANID de CIGIDEN, USM y UC.

poblados. Así también cabe discurrir acerca de los métodos de recolección de datos los que se ajustan o corresponden a cada contexto geográfico – territorial. Por ende, la evolución del conocimiento científico – técnico, de las modelaciones, del desarrollo de plataformas tecnológicas o de la creación de softwares, se aplicarán en cada caso, según disponibilidad, oportunidad o factibilidad proporcionando los fundamentos técnicos, en miras de centrarse en resultados que sustenten las decisiones de definición de normas urbanísticas, acordes a las características propias y únicas de cada lugar.

La consideración del cambio climático fenómeno que se ha ido manifestando por un lado en forma gradual y por otra con revelaciones abruptas interrumpiendo las dinámicas funcionales de los sistemas urbanos y sus plataformas vitales de suministros. Dicho fenómeno ha motivado implicancias directas para la adaptación y mitigación de las intervenciones humanas en los ecosistemas, la determinación de la norma urbanística, así como también aspectos urbanísticos, en estos casos demandan más de la gestión del proceso de planificación urbana que de la definición estricta de una norma urbanística. Normas o aspectos urbanísticos que deben estar sujetas a procedimientos sistemáticos de evaluación, mediante indicadores de seguimiento para su revisión y modificación, conforme al cambio de escenarios del desarrollo urbano.

En definitiva, se integran al proceso de planificación específicamente en la etapa de elaboración o diseño del IPT, criterios metodológicos para el análisis de riesgo. Para ello, se aborda la definición de criterios generales para el establecimiento de las normas urbanísticas y decisiones de planificación relacionadas en áreas expuestas a diferentes niveles de amenaza, de vulnerabilidades y de riesgo, y con diferentes niveles de consolidación del desarrollo urbano u ocupación del territorio con asentamientos humanos. De esta manera la Guía metodológica busca fijar un estándar para la elaboración de Estudios de Riesgo para los IPT, fortaleciendo el análisis prospectivo del riesgo, incorporando los conceptos de amenaza, exposición, vulnerabilidad y riesgo, componentes de la secuencia metodológica de análisis. Junto a lo anterior, podrá contribuir a la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia para la gestión del riesgo de desastres (GRD), como recomendaciones GRD para el plan de inversiones, así también para la elaboración de ordenanzas o planes municipales que se requieran.

Este enfoque responde a la pregunta ¿Qué hacer?, acorde a los principios de la actuación pública y en conformidad al ámbito de acción de los IPT claramente definitivos en la legislación. En términos de la práctica urbanística, otorga las herramientas para abordar el desarrollo urbano y territorial de los centros poblados, en concordancia a una necesaria gestión de reducción de riesgo ante desastres. En virtud de lo antes señalado, resulta de suma relevancia que los procesos de elaboración o actualización de los Instrumentos de Planificación Territorial identifiquen claramente las características como fortalezas, debilidades, potencialidades y oportunidades del sistema urbano objeto de planificación. Todas estas condiciones a la postre serán un soporte para su formulación, en particular si se adopta el propósito de avanzar hacia una mayor resiliencia de nuestro sistema urbano nacional.

En este contexto resulta relevante comprender que la normativa de urbanismo y construcciones contempla entre las materias a regular los riesgos, identificando aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se establecen limitaciones o condiciones para su ocupación y/o edificación.

Los niveles de riesgo estarán determinados como resultado de integrar los niveles de amenazas con los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos del sistema urbano

territorial. El resultado se podrá evaluar conforme la decisión de cada órgano responsable de la planificación respecto al nivel de riesgo admisible para el desarrollo urbano o sistema territorial.

Para ello, se deberá iterar con resultados en la etapa de elaboración del plan, mediante la construcción de una matriz que se alimentará con los niveles de amenaza y con los niveles de vulnerabilidad que ha integrado la exposición, en tres momentos:

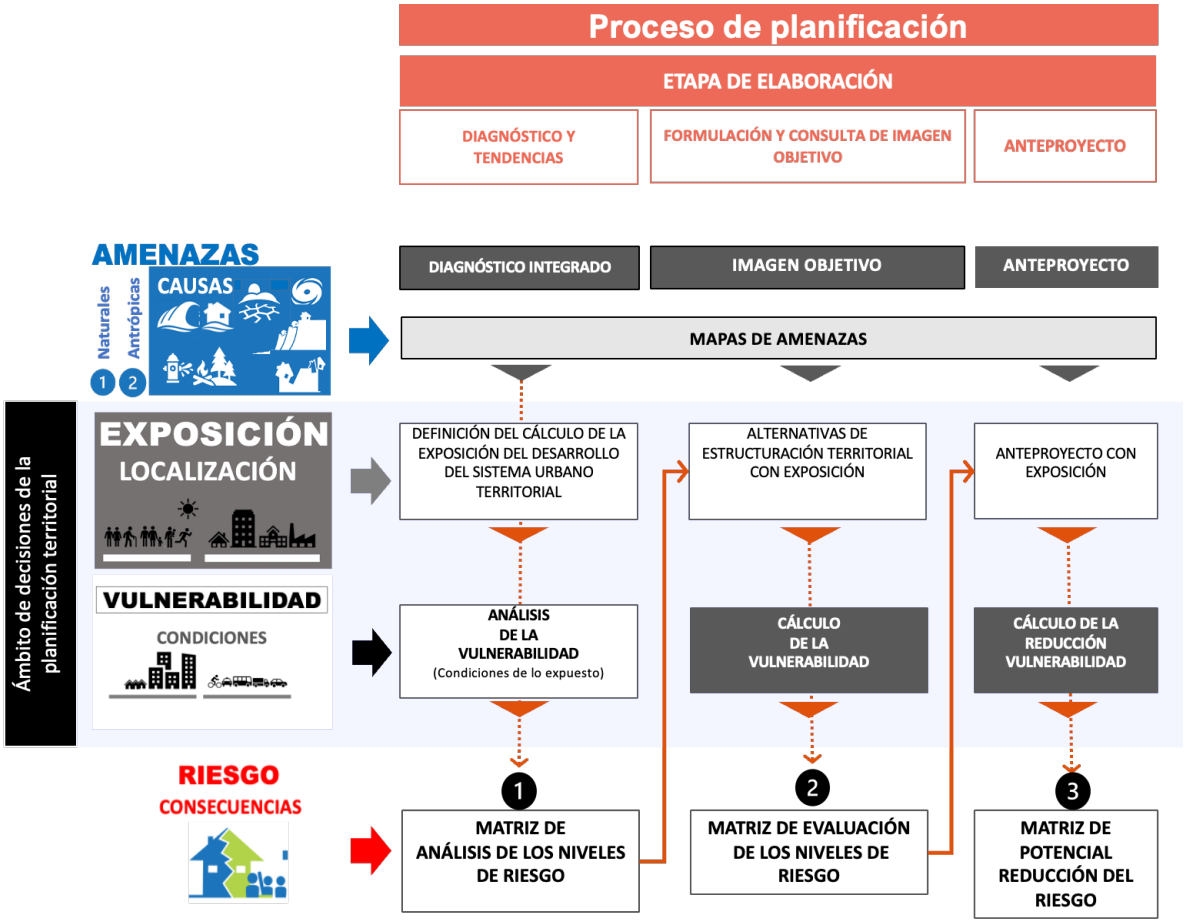
- Matriz de Análisis de los Niveles de Riesgo: La primera matriz corresponderá al análisis de los niveles de riesgo conforme el escenario de la situación base. Esta matriz se desarrolla como parte de las tareas de elaboración del diagnóstico integrado en la fase de diagnóstico y tendencias del proceso técnico – normativo. Este análisis de niveles de riesgo aún no contiene alternativas de estructuración ni opciones de desarrollo.
- Matriz de Evaluación del Riesgo: La segunda matriz corresponderá a la evaluación de los niveles de riesgo que se aplica a cada una de las alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo. Esta matriz se desarrolla como parte de las tareas de la imagen objetivo en la fase de formulación y consulta de la imagen objetivo.
- Matriz de Potencial Reducción del Riesgo: La tercera matriz corresponderá al potencial de la reducción de los niveles de riesgo conforme al diseño del anteproyecto del plan. Esta matriz se desarrolla como parte de las tareas en la elaboración de los elementos constituyentes del anteproyecto, para someterlo a consulta y tramitación.

En esta secuencia de análisis - evaluación y reducción del riesgo, el mapa de amenazas[4] se mantiene invariante desde el diagnóstico hasta el anteproyecto del plan; por representar la causa que genera el riesgo según su esencia de fenómeno propiamente tal, ya sea de origen natural o antrópico. Por el contrario, en la construcción de la matriz lo que varía son los niveles de vulnerabilidad, según las decisiones de planificación en el diseño del instrumento por concernir a condiciones de los elementos expuestos (en consecuencia, integra la exposición), esto es pasar de una situación base a un escenario de planificación.

Conformemente, reducción del riesgo implica un recálculo de los niveles de vulnerabilidad, en términos de su evaluación como también de su reducción. Es decir, esto es a través de menor exposición o bien de la reducción de la vulnerabilidad. La reducción del riesgo mediante una menor exposición, significa menor cantidad de elementos expuestos según modificación de limites urbanos, o según restricción o limitación de la intensidad de uso, ocupación y/o edificación. De igual manera, la reducción del riesgo a través de la reducción de la vulnerabilidad, implicaría adoptar decisiones de planificación para la disminución de la susceptibilidad o de la sensibilidad del sistema urbano o territorial. Lo anterior se esquematiza en la siguiente ilustración.

[4] Mapas de Amenaza son los instrumentos que identifican las áreas expuestas al efecto directo o indirecto de una amenaza, cuya representación gráfica es una zonificación simple realizada a través de diversas metodologías y variadas escalas según la amenaza. La elaboración, validación y actualización permanente de los mapas de amenazas estará a cargo de los organismos técnicos correspondientes según sus competencias, establecidos en el literal b) del artículo 38" (Art 35, Ley 21.364).). Ver Anexo I capítulo 2.3. Conceptos de Reducción de Riesgo de Desastre en Chile, punto 2.3.3.

Ilustración 2-1: Secuencia metodológica componentes del riesgo en etapa de elaboración del IPT



Fuente: Elaboración propia.

Se desarrollan a continuación los procedimientos metodológicos para el desarrollo de los Estudios de Riesgos, considerando el estudio de las amenazas, de la exposición y de la vulnerabilidad. Dichos estudios son conducentes a la definición de normas como aspectos urbanísticos en toda la gradiente de niveles de riesgo. Para ello, se establece la forma para determinar los diferentes niveles de amenazas, así como los niveles de vulnerabilidad y consecuentemente los niveles de riesgo, según la exposición o consolidación de las áreas sujetas a planificación urbana territorial.

2.1 PREMISAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS

2.1.1 Amenaza

a) Clasificación de las amenazas

Debido a la diversidad de fenómenos que pueden considerarse como amenazas para un determinado territorio, es necesario establecer una clasificación que sea útil para los efectos del proceso de planificación urbana. Dicha utilidad guarda relación con la posibilidad que tiene una determinada amenaza de ser zonificada, de modo que puedan ser aplicadas las normativas correspondientes.

Para ejemplificar esto último, se puede utilizar el caso de las tormentas. Este fenómeno se puede seguir mediante diferentes tecnologías e incluso se pueden construir modelos para predecir sus trayectorias, lo que puede ser una herramienta útil para la gestión de la emergencia. Sin embargo, este tipo de seguimientos, ¿son útiles para los propósitos de la planificación territorial? Lo cierto es que, en este caso, el análisis útil no es aquel que sectoriza la dinámica particular de una tormenta, sino, más bien, es aquel que zonifica los efectos generales de las tormentas sobre el territorio, como pueden ser inundaciones por desborde de cauces, anegamientos, caídas de roca, flujos de detritos u otro.

Cualquier tipo de clasificación de las amenazas, en la práctica, tiene dificultades para expresar la complejidad de los fenómenos que ocurren en la naturaleza. Una amenaza determinada puede desencadenar la ocurrencia de otro tipo de amenaza (lo que se conoce como procesos en cascada), y a su vez, una misma amenaza puede ser desencadenada por múltiples procesos diferentes. Por lo mismo, una tipología de amenazas que sea útil a los fines de la planificación territorial no puede estar definida a partir de la multiplicidad de desencadenantes (como puede ser una tormenta), sino más bien, debe reconocer los tipos de fenómenos que dichos desencadenantes pueden generar sobre los territorios sujetos a planificación (en el caso de las tormentas, inundaciones, remociones en masa, entre otros).

Al mismo tiempo, debido a que la clasificación de amenazas debe ser comprensible para un público general, no especializado, conviene que los criterios de clasificación sean simples, de modo que no existan problemas ni ambigüedades en la interpretación de sus categorías.

En esta guía se propone una clasificación de las amenazas según cinco categorías generales: **sísmicas**, **volcánicas**, **inundaciones**, **gravitacionales** y **antrópicas**. Para cada una de estas categorías, a su vez, se propone una subdivisión de **amenazas específicas**[5]. En cada estudio, son las amenazas específicas las que deben ser evaluadas, entendiendo que cada territorio está expuesto a un número determinado de ellas. Por ejemplo, existen territorios en los que no es necesario evaluar las inundaciones por tsunami, pero sí las inundaciones por anegamientos. O en otros, son determinantes los procesos de ladera, pero no los de subsidencia, etc.

En el cuadro siguiente, las dos columnas de la izquierda ("categoría de amenazas" y "amenazas específicas") corresponden a la clasificación de amenazas que se propone en esta guía. La tercera columna muestra una correlación entre esta propuesta de clasificación con los numerales del artículo 2.1.17 de la OGUC vigente al momento de la elaboración de esta guía, los cuales se establecen a partir de una tipología de "riesgo" (y no de amenaza).

[5] La descripción de cada una de las amenazas específicas se presenta en el Anexo 2.

Esta clasificación cumple con el doble propósito de establecer un orden general de las amenazas, y al mismo tiempo, permite hacer una lectura específica de aquellas que requieran ser evaluadas en cada caso particular.

Conviene señalar que, para efectos de la confección de los mapas de amenaza, un mismo mapa puede representar distintas amenazas específicas. Por ejemplo, en determinados territorios la amenaza de inundaciones por tsunamis puede ser representada junto con la amenaza de procesos de ladera, ya que sus polígonos no se interceptan, o bien, se interceptan en lugares muy localizados. Esto debe ser acordado entre el equipo que realice el estudio y la Contraparte Técnica, de modo que los mapas puedan expresar claramente los resultados de la zonificación.

Cuadro 2-1: Clasificación de las amenazas y su correspondencia con el Art. 2.1.17. de la OGUC[6].

AMENAZA			RIESGO
CATEGORÍAS DE AMENAZAS	**AMENAZAS ESPECÍFICAS**		**Art 2.1.17 de la OCUG**
INUNDACIONES	Desbordes de cauces y otros cuerpos de agua	Inundaciones terrestres	Numeral 1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
	Anegamientos		
	Tsunamis	Inundaciones litorales o costeras	
	Marejadas		
GRAVITACIONALES	Procesos de ladera[7]	Remociones en masa	Numeral 2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.
	Flujos		
	Procesos de subsidencia[8]		
SÍSMICAS	Ruptura superficial de falla		Numeral 3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
	Efectos de sitio		
VOLCÁNICAS	Corrientes de densidad piroclástica (PDC) Caída de piroclastos Lahares Flujos de lava		
ANTRÓPICAS	Suelos mecánicamente inestables o con potencial presencia de contaminantes		Numeral 4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.
	Incendios forestales		

Fuente: Elaboración propia.

b) Estudio de amenaza

Un **estudio de amenaza** corresponde a una secuencia de pasos ordenados, que busca delimitar las áreas de un territorio que pueden ser afectadas por distintas amenazas, según niveles diferenciados.

[6] OGUC vigente a la fecha de publicación de esta guía.
[7] Por procesos de ladera se entienden los fenómenos de caídas, deslizamientos, volcamientos, deformaciones y propagaciones.
[8] Pueden ser procesos de subsidencia por disolución, colapso de suelos salinos o calcáreos u otros

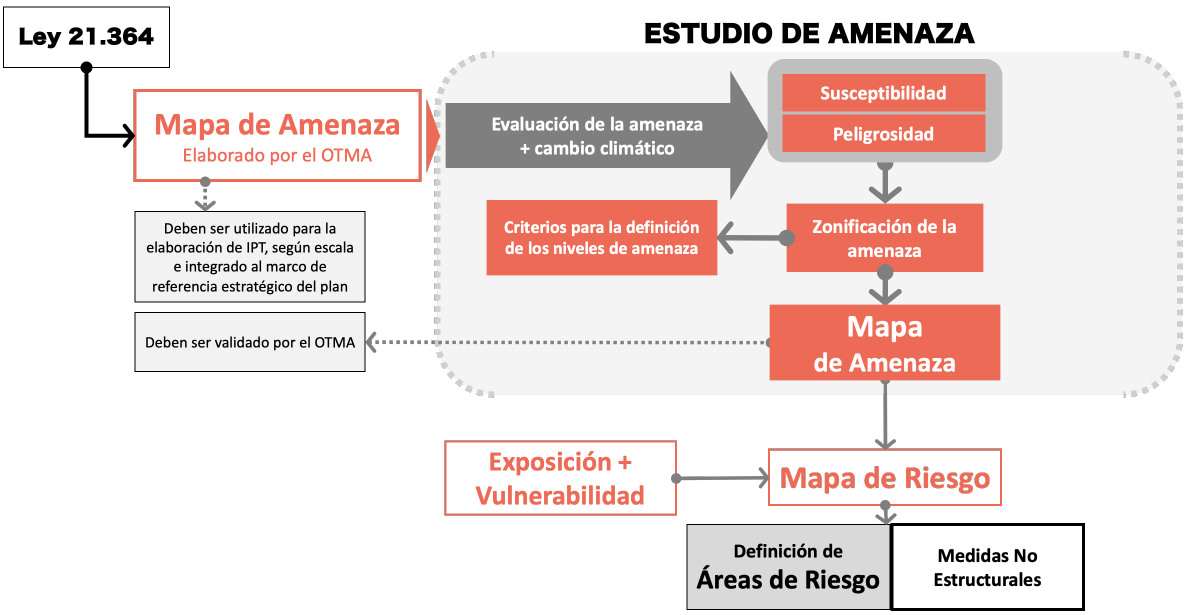
Por su parte, los **niveles de amenaza** corresponden a categorías que comparan el grado en el que un área determinada está expuesta a ser afectada por alguna amenaza particular, ya sea con base en los resultados de susceptibilidad o peligrosidad.

Para hacer referencia al proceso de análisis de la amenaza, en esta guía se utiliza el concepto de **evaluación de la amenaza**, que implica la realización de una serie de actividades, como son la identificación de las amenazas presenten en el territorio analizado, su caracterización física, espacial y temporal, y la definición de los niveles de amenaza.

Es importante tener en cuenta que los estudios de amenaza deben considerar las consecuencias que el Cambio Climático puede ejercer sobre los territorios, en el sentido de que, actualmente, se ve acrecentada la posibilidad de eventos de precipitación importantes concentrados en breves periodos de tiempo (Blenkinsop, Alves, & Smith, 2021), junto a elevadas temperaturas. Lo anterior puede ser conducente, por ejemplo, a que sean afectadas otras zonas distintas de las que históricamente han sido afectadas por amenazas gravitacionales o de inundaciones.

En el siguiente esquema se presenta un resumen de lo anteriormente descrito y donde se conceptualiza el proceso que permite pasar desde la caracterización del fenómeno (la amenaza) a la confección del mapa de amenaza, para posteriormente estructurar el mapa de riesgo.

Ilustración 2-2: Conceptualización de la Amenaza

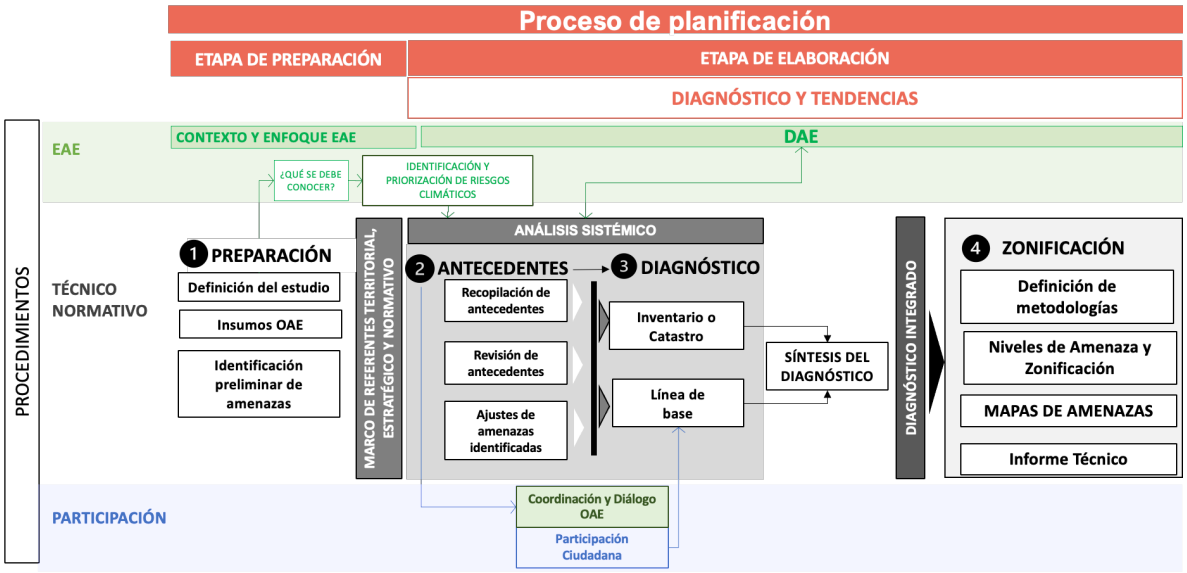


Fuente: Elaboración propia

En síntesis, el estudio de amenazas se presenta como una secuencia de pasos ordenados en los que, para un área determinada, se realiza un inventario de aquellos eventos ocurridos, se identifican las condiciones que dieron lugar a dichos sucesos y se cartografían, o delimitan, aquellas áreas donde están presentes estas condiciones, lo que se conoce como un análisis de susceptibilidad. Cuando sea posible, lo anterior se puede complementar con el análisis de las relaciones de frecuencia y magnitud, a modo de análisis de peligrosidad, para evaluar las probabilidades de ocurrencia de ciertas magnitudes en diversos períodos de tiempo.

En este sentido, el procedimiento de elaboración del estudio de amenaza se puede plantear según cuatro pasos diferenciados: (1) Preparación, (2) Antecedentes, (3) Diagnóstico y (4) Zonificación. Cada uno de estos pasos están asociados con actividades específicas, tal y como se muestra en la ilustración a continuación.

Ilustración 2-3: Elaboración del estudio de amenaza



Fuente: Elaboración propia. Estos pasos se detallan en las secciones 0 y 2.2.2 de esta guía.

2.1.2 Vulnerabilidad

Se determinan tres dimensiones para el análisis de la vulnerabilidad considerando los alcances normativos de los Instrumentos de Planificación Territorial que se encuentran determinados por su ámbito de competencia propio. Por ello, se definen en coherencia a la noción de sustentabilidad del sistema urbano, la dimensión social, dimensión física y dimensión ambiental. En cada una de dichas dimensiones se anidan los factores de vulnerabilidad, los que se identifican para dar cuenta de las características o condiciones esenciales de los sistemas urbanos y territoriales, que son incidentes en la susceptibilidad de la vulnerabilidad ante impactos de las amenazas. En consecuencia, son las condiciones en que se encuentran los seres y elementos expuestos, como son las personas y los elementos del medio construido urbano o territorial y entorno ambiental para enfrentar una amenaza, como en términos de sus capacidades para afrontarlas, adaptarse o de respuesta.

Los factores de vulnerabilidad que dan cuenta de las condiciones según susceptibilidad (aplicado a la vulnerabilidad), se identifican asociados al procedimiento técnico – normativo del análisis sistémico del desarrollo del IPT. Mientras que los factores de vulnerabilidad que dan cuenta de las capacidades de afrontamiento de una amenaza se identifican asociados al procedimiento participativo en la fase de diagnóstico del IPT y que retroalimentan el análisis sistémico. Con ello, se garantiza abordar ambos enfoques de la vulnerabilidad (susceptibilidad y capacidades), asociados al análisis tanto en los procedimientos técnico – normativos, como participativos del proceso de planificación en su fase diagnóstico inicial de la etapa de elaboración o diseño del IPT.

Para cada factor se definen variables para determinar los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos. De esta forma, la incorporación de factores y variables de

vulnerabilidad en la metodología presentada en esta guía, no busca generar mayor información de la que se ya levanta y analiza en el propio proceso de análisis sistémico en la etapa de diagnóstico del IPT, sino analizarla de manera tal que permita calcular los niveles de vulnerabilidad de la población. Por ello, las variables y sus indicadores deben cumplir criterios que garanticen proveer una visión amplia de la vulnerabilidad desde sus distintas dimensiones, a la vez de ser pertinentes al estudio del riesgo de acuerdo a la exposición frente a amenazas en el territorio. La propuesta establece una base de **variables mínimas**, que han sido priorizadas de acuerdo a los siguientes principios:

- **Multidimensionalidad:** comprende que la vulnerabilidad de las personas, hogares y comunidades tiene una expresión multidimensional que incluye ámbitos más allá de la situación socioeconómica, tales como: niveles de educación, condiciones de salud, edad, personas con necesidades especiales o diferenciadas, entre otros.

- **Interescalaridad:** los indicadores muestran situaciones de vulnerabilidad a distinta escala territorial garantizando diagnósticos adecuados a lo comunal e intercomunal, permitiendo tener una base común de diagnóstico a distinta escala.

- **Proyección:** los indicadores cumplen con la condición de otorgar información que perdura en el tiempo por representar condiciones estructurales sea del ámbito ambiental, físico o social, lo que permite planificar a largo plazo.

- **Confiabilidad:** Se trata de indicadores utilizados por distintos sistemas o modelos por su aporte analítico comprensivo, además de ser accesibles por fuentes de información pública y validada institucionalmente.

- **Accesibilidad:** Se trata de indicadores cuyas fuentes de información y datos estén disponibles, según su carácter público y nivel de desagregación acorde a las escalas de planificación. Así también, considera sistematizar y generar datos como producto de las actividades y tareas contempladas en el desarrollo del proceso de planificación, especialmente en su fase de diseño. En consecuencia, las variables a analizar para determinar los niveles de vulnerabilidad, son parte de la información propia de la elaboración del IPT.

2.2 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Los Estudios de Riesgo se insertan en el desarrollo del proceso continuo mediante el cual se formula, modifica o actualiza un Instrumento de Planificación Territorial (IPT), también conocido como "Proceso de Planificación Urbana", involucrando una secuencia articulada de decisiones y actos administrativos que se desarrollan en tres momentos: Etapa de Preparación del IPT, Etapa de Elaboración o diseño del IPT y Etapa de Aprobación del IPT. Desde el punto de vista técnico instrumental, para llevar adelante el cumplimiento secuencial de las etapas el proceso de planificación, el desarrollo de los instrumentos de planificación territorial considera tres procesos fundamentales para su desarrollo: Proceso Técnico Normativo, Proceso de EAE y Proceso de Participación, todo lo que queda de manifiesto en el flujo de secuencia de procesos del IPT de la DDU 430. La debida articulación entre los procedimientos; técnico normativo, de participación ciudadana y de evaluación ambiental estratégica, se consigue a partir de actividades o tareas que se constituyen en verdaderas ventanas de decisión del plan las que aparecen distribuidas a lo largo de todo el desarrollo metodológico del proceso de planificación. En otras palabras, los 3 procedimientos que integran el proceso de planificación se articulan permanentemente a lo largo del desarrollo de las distintas Etapas, siguiendo una secuencia de retroalimentación que da contenido y respalda las decisiones de planificación entre ellas la normativa que tiene

su fundamento en la componente o variable de riesgo, culminando con la aprobación del proyecto de IPT.

En particular, el proceso de EAE corresponde a un procedimiento de integración de la sustentabilidad en la planificación urbana orientando estratégicamente el proceso de toma de decisiones del plan. En esta dimensión cabe considerar los efectos del desarrollo urbano en el cambio climático, por estar atribuido directa o indirectamente a la acción humana sobre la variabilidad natural del clima. Por ello, hoy se alude al riesgo climático como una construcción social, por lo cual según dicha naturaleza antrópica se sostiene que puede ser reducido de la misma manera. Conforme los acuerdos sostenidos en el Plan de acción regional para América Latina y el Caribe, los países de la región se abocarán a adoptar medidas de adaptación al cambio climático, en cuyo contexto la planificación urbana constituye un elemento primordial. En este contexto el rol de la planificación es aumentar la resiliencia de los sistemas urbanos en el mediano largo tiempo, adhoc a los escenarios de desarrollo urbano que se plantean en su proceso. La ciudad resiliente que actualmente es una iniciativa mundial, que está siendo considerada en las agendas de adaptación al cambio climático, para lo cual los procesos de planificación pueden contribuir significativamente a reforzar el conocimiento y la acción frente al cambio climático como a la reducción del riesgo de desastres en las ciudades, según el énfasis dado por la Plataforma Regional para la RRD 2021. De esta forma, la metodología del proceso de evaluación ambiental estratégica, que apoya el proceso de decisión de elaboración de los instrumentos, puede contribuir a integrar en la calidad del diseño de los planes, medidas de adaptación al cambio climático, para orientar un desarrollo urbano resiliente en horizontes de planificación de largo plazo, mediante una gestión prospectiva del riesgo de desastres.

Así, se debe integrar la noción de planificación de sistemas urbanos resilientes a la propuesta e indicaciones establecidas en el documento Manual de Contenidos y Procedimientos para la Aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica en Instrumentos de Planificación Territorial, contenido en la Circular DDU 430. Este manual considera dos etapas, diseño y aprobación, las que incluyen una serie de fases, actividades y tareas que deben integrar de modo efectivo las consideraciones ambientales en el proceso de diseño del IPT, entre las cuales cabría recomendar las consideraciones de adaptación de cambio climático para el logro de ciudades resilientes.

Por su parte, el componente de **participación** para la elaboración de planes reguladores tiene un carácter transversal, continuo y secuencial, cuyo objetivo central es retroalimentar el proceso técnico de formulación del IPT con todos aquellos aportes provenientes de los actores sociales, orientando y documentando la toma de decisiones sobre planificación territorial. Esto, a partir de un proceso interactivo que propicie el diálogo e intercambio de información permanente con la comunidad, la que está integrada por diversos grupos de personas, instituciones y organizaciones con diferentes intereses desplegados en el territorio sujeto a planificación.

La normativa de urbanismo y construcciones reconoce la participación como parte de procedimientos consultivos y de exposición de carácter público debidamente informados, los que se encuentran asociados a las etapas de formulación de la Imagen Objetivo y alternativas y a la etapa de aprobación del anteproyecto. Sin perjuicio de lo anterior, señala en varios pasajes algunos principios básicos que se deben cumplir para asegurar la transparencia de estos procesos. Por su parte la normativa de Evaluación Ambiental Estratégica señala las necesidades de participación requeridas estableciendo una distinción entre las acciones consultivas respecto de aquellas que posibilitan la coordinación e intercambio con actores claves en el proceso de planificación.

No se debe perder de vista un tercer cuerpo normativo que establece prescripciones respecto de los procedimientos de participación pública en los IPT y es el Convenio 169 de OIT suscrito por Chile, que establece la incorporación de procedimientos consultivos a los pueblos originarios, quedando refrendado en el Decreto N°66 de 4 de marzo de 2014, de MDSyF, que precisa disposiciones reglamentarias respecto de los procedimientos de consulta indígena.

En este sentido los estudios de riesgos, deben desarrollar sus procedimientos metodológicos integrados al proceso de planificación en sus diferentes etapas y fases según métodos para apoyar la toma de decisión garantizando la calidad técnica. A partir de ello se sistematiza a continuación el procedimiento metodológico para la elaboración de un estudio de riesgos, inserto en el desarrollo de un proceso de planificación y en concordancia al procedimiento de evaluación ambiental estratégica incorporado y aplicado a la formulación como modificaciones de los Instrumentos de Planificación, señalado en la Circular DDU 430.

2.2.1 Etapa de Preparación del IPT: Insumos para un Estudio de Riesgo

El proceso continuo de Planificación como de Gestión del Riesgos de Desastres tiene como punto de partida conocer el riesgo para su reducción o mitigación, conforme a los efectos de probable seguimiento y/o evaluación de las decisiones de planificación. Para ello en el inicio de ambos procesos se propone contemplar desarrollar actividades preliminares, entre las cuales se definen los principios rectores, los criterios de actuación como la conformación de equipo de trabajo, plan de trabajo estableciendo las instancias de coordinación y ejecución, como el levantamiento de un mapa de actores.

Así, esta Etapa de Preparación considera el conjunto de actividades o tareas que permiten dar el encuadre al proceso de planificación, a través de la definición de su contexto y enfoque; los objetivos que persigue la decisión de llevar a adelante el proceso de planificación; definición de requerimientos, capacidades y medios a través de los cuales se materializará el proceso de planificación, así como su programación más ajustada a las condiciones de contexto.

a) Fase de contexto y enfoque de la EAE para la RRD

Por su parte, en sincronía el procedimiento de EAE en su fase de contexto y enfoque se compila y retroalimenta toda la información que da cuenta de la incorporación de las consideraciones ambientales y de sustentabilidad en el proceso de planificación.

La fase de Contexto y Enfoque de la EAE, tiene como finalidad responder a tres preguntas básicas necesarias para complementar los fundamentos de la decisión que conlleva el proceso de planificación: ¿Cómo poner en marcha la EAE?, ¿Qué se debe conocer? Y ¿Cómo se focaliza en lo estratégico?

Para responder la primera pregunta, ¿Cómo se pone en marcha la EAE? al inicio del procedimiento de EAE se deben sentar las bases del objeto y **marco del problema de planificación**[9], vale decir las causas primarias que orientan el desarrollo del IPT, el objeto de valoración explicado tanto desde su alcance o ámbito de competencia, su ámbito o contexto territorial y el ámbito temporal o el horizonte de planificación.

[9] Ver circular DDU 430, punto 3.3.2. letra c), pág.8 y ver también Guía de orientación MMA de 2015, punto 2.6 pág.. 34.

A partir de la información señalada en la Fase de Preparación del Plan, se formulan los **objetivos estratégicos de la decisión[10],** que corresponden a los elementos centrales o metas que debe atender el proceso de planificación en su desarrollo, las que expresa situaciones territoriales que deben ser resueltas, respondiendo a la pregunta **¿Qué se pretende alcanzar o resolver con el proceso de planificación?** Finalmente, a partir de las definiciones previas es posible determinar el objetivo de la EAE en el marco del proceso de planificación, vale decir, aquello en lo cual el procedimiento de EAE puede contribuir a mejorar este proceso.

Una vez reconocidas las bases que sustentan la decisión, la segunda pregunta que debe orientar el procedimiento de EAE y de planificación es ¿Qué se debe conocer?[11] Esto nos lleva a la descripción de los aspectos de ambiente y de sustentabilidad que se relacionan con el problema de decisión y que se expresan en valores, problemas y conflictos, que progresivamente confluyen a la identificación de temas claves.

Para poder responder esta pregunta es necesario reportar de manera sistemática todos los aspectos o consideraciones que el IPT debe ir tomando, tales como:

1. El Marco del Problema, que da cuenta de las potencialidades y dificultades que enfrenta el sujeto de estudio incluyendo:
    a. Una descripción analítica y prospectiva del sistema territorial.
    b. Valores de ambiente y sustentabilidad.
    c. Problemas y preocupaciones que influyan en las decisiones del plan
    d. Conflictos socioambientales que afecten a la decisión del plan.
2. Necesidades de participación, en una clara y estrecha relación con el procedimiento de participación y el documento de Estrategia de Participación.
3. Marco de Gobernabilidad, que da cuenta de las capacidades institucionales para enfrentar el proceso de planificación incluyendo los arreglos institucionales y de coordinación con otros órganos de la administración del Estado.
4. Marco de Referencia Estratégico, que corresponde al contexto de macro políticas que deben ser consideradas en el desarrollo de la evaluación del plan. En este punto, respecto al estudio de Riesgo cabe considerar la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, plan estratégico nacional 2020, aprobado según DS Nº 1512 de 2016, del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, entre otros que sean aplicables.
5. Los Objetivos Ambientales (OA), que corresponden a las metas o fines ambientales que se busca alcanzar con el proceso de planificación.
6. Criterios de Desarrollo Sustentable (CDS), que corresponden a las reglas que orientan la planificación y sirven de encuadre a la formulación de las opciones desarrollo, más coherentes con los objetivos ambientales.

Para el cumplimiento de los numerales señalados precedentemente, el Órgano Responsable del Plan deberá concordar los contenidos señalados, en relación a los problemas ambientales considerados relevantes, entre los cuales la ocurrencia de Amenazas, grados de exposición,

[10] Ver circular DDU 430, punto 5.1.1. letra c), pág.45 y ver también Guía de orientación MMA de 2015, punto 2.3 pág.. 31.
[11] Ver circular DDU 430, punto 5.1.2. pág.47.

niveles de vulnerabilidad y riesgos resultantes pueden ser gravitantes o determinantes para las decisiones de diseño del plan. Particularmente, se requerirá identificar las amenazas que están presentes en un territorio determinado de forma preliminar. Para ello, es necesario considerar los cuatro tipos de desencadenantes generales de las amenazas que operan sobre el territorio nacional: sismos, erupciones volcánicas, eventos hidro-meteorológicos, y actividades antrópicas (Ver literal c) Clasificación de las amenazas en la presente etapa Preparación del IPT de esta Guía) . A su vez, para la elaboración de dicho análisis también será necesario razonar sobre la posibilidad de que ocurran procesos en cascada. En este sentido, se recomienda responder las siguientes interrogantes, de modo de seleccionar preliminarmente aquellas que deban ser evaluadas en el estudio:

- ¿Qué tipos de fenómenos locales podrían generarse a partir de un sismo?
- ¿Qué tipos de fenómenos locales podrían generarse a partir de un evento hidrometeorológico?
- ¿Qué tipos de fenómenos locales podrían generarse a partir de una erupción volcánica?
- ¿Qué tipos de fenómenos locales podrían generarse a partir de las actividades antrópicas?

Con los antecedentes expuestos y de conformidad con lo establecido en el artículo 14 del Reglamento para la Evaluación Ambiental Estratégica, se deberá generar un acto administrativo que será remitido al Ministerio del Medio Ambiente con la finalidad de informar el inicio del procedimiento de diseño del plan, el cual es sometido a la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Los contenidos de esta información se deben incluir en el documento denominado Plan de Trabajo (Ver Circular DDU 430 punto 5.1).

De conformidad con lo señalado en el artículo 16 del Reglamento de EAE y posterior al acto mediante el cual es remitido el Documento de Inicio del Procedimiento de EAE del Plan Regulador, el órgano responsable deberá informar el inicio del procedimiento mediante publicación en el Diario Oficial, en su sitio web institucional y en un diario de difusión masiva de un extracto que contendrá lo siguiente:

a) La identificación del Órgano Responsable del Plan;

b) Un resumen de sus antecedentes, según lo señalado en el artículo 14 del Reglamento de EAE;

c) Los Criterios de Desarrollo Sustentable que se considerarán;

d) Sus Objetivos Ambientales, y

e) El lugar en el que estarán disponibles sus diversos antecedentes, incluyendo la dirección y horarios de atención.

Es recomendable que una vez que se efectúe el acto de difusión de inicio y comience su periodo se exposición, se convoque a los Órganos de la Administración del Estado a una reunión en la cual sea posible exponer los antecedentes del proceso de planificación señalados anteriormente. En lo referido a la elaboración del Estudio de Riesgos del IPT, dentro de los OAE se convocará a los organismos técnicos que tienen por misión elaborar y validar los mapas de amenazas conforme lo señalado en la Ley 21.364 (artículo 35 y letra b) del artículo 38), en los casos que corresponda.

Finalmente, respecto a la tercera pregunta ¿Cómo se focaliza en lo estratégico?, apunta a identificar las temáticas que resultan claves y cuya aproximación determina ventanas de éxito en la decisión del plan, las que se traducen en Factores Críticos de Decisión[12]. Tal como se encuentra concebido en el plan de trabajo, el procedimiento de EAE se articula con las actividades y tareas del procedimiento técnico normativo y los procedimientos de participación que involucra el plan, evitando el paralelismo de información lo que trasformaría a la EAE en una herramienta de medición de trazabilidad perdiendo de esta forma su carácter estratégico.

De esta forma, la focalización en los temas claves es un proceso que se integra al acervo del procedimiento técnico – normativo, tomando como punto de partida el marco del problema, el objeto de planificación, los objetivos ambientales y los criterios de desarrollo sustentable entre otros señalados precedentemente, y que responden a la pregunta ¿Qué se debe conocer? Esto permite orientar los contenidos de la Fase de Análisis y Diagnóstico del plan, que entregan una metodología para la realización de un análisis sistémico, de proyecciones y tendencias que permiten clasificar la información relevante y generar los insumos para los indicadores que se utilizan para la identificación y caracterización de los temas claves, así como la evaluación de directrices. Complementariamente, se refuerza con un diagnóstico participativo que contribuye a definir prioridades y ratificar temas de relevancia y el diagnóstico integrado que contribuye al agrupamiento y síntesis de la información. Este procedimiento integrado evita, por una parte, la duplicidad de información; y, en segundo término, evitar la elaboración de líneas de base que no son el propósito de la EAE.

A partir de los antecedentes que culminan con el análisis y diagnóstico del Plan, corresponde en el marco del procedimiento de EAE identificar los siguientes contenidos de relevancia:

1. Definición de Prioridades Ambientales y de Sustentabilidad, los que permiten abarcar el conjunto de temas claves y sus interacciones desde una perspectiva ambiental, respondiendo a la pregunta ¿Cuáles son los temas más importantes? Por cierto, a la ocurrencia de amenazas naturales como antrópicas y la determinación de los niveles de riesgo caen en esta definición para muchos territorios sujetos a planificación.
2. Definición de Factores Críticos de Decisión, que corresponden a los temas de sustentabilidad relevantes o esenciales, los cuales integran distintos temas de relevancia en cuya evaluación influye el objetivo que se pretende lograr con el IPT.
3. Marco de Evaluación Ambiental Estratégica, corresponde a los criterios e indicadores y descriptores ambientales y de sustentabilidad que contribuyen a explicar las dinámicas implícitas de los FCD y que aportan los medios o elementos para la evaluación.

b) Estrategia de participación ciudadana y las consideraciones para la GRD

Cabe considerar que el proceso de Gestión del Riesgo, considera la construcción de un mapa de actores como actividades preparatorias. Para los procesos de planificación, aun cuando la participación y consulta ciudadana no establecen limitaciones respecto de los actores concurrentes, sí se reconocen algunas distinciones que es importante considerar en la legislación comparada, y en particular el Decreto N° 32 de 2015 Reglamento de la EAE. Es posible entonces identificar tres grupos relevantes: (1) Órganos de la Administración del

[12] Ver también Circular DDU 430 punto 3.3.2. letra e) pág. 8.

Estado, (2) actores territoriales o funcionales que no forman parte de la Administración del Estado, y 3) los pueblos originarios reconocidos por el Convenio N° 169 de la OIT, respecto de los cuales se debe establecer la pertinencia de un proceso de Consulta Indígena.

Para dar cumplimiento a los enfoques, principios y objetivos expuestos anteriormente, se programa la participación de los diferentes estamentos o tipo de actores relevantes para cada contexto territorial, cuyos ámbitos de desempeño se vinculan al ordenamiento y desarrollo urbano. Cabe señalar que los criterios y guías a emplear para la identificación de los actores sociales claves serán los establecidos en el Manual de Contenidos y Procedimientos para la Aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica en los Instrumentos de Planificación Territorial del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, contenido en la Circular Instructiva DDU 430.

Finalmente, en cuanto a las herramientas de registro y caracterización de los actores, ambos procesos de gestión del riesgo y de planificación respectivamente aluden a un Mapa de Actores Sociales Clave, que se compone por tres elementos:

- Un catastro de actores, en el cual se establezcan los nombres de los actores en función de las categorías por tipos, los nombres de los representantes, su cargo o función, sus datos de contacto (teléfono, dirección postal, correo electrónico) y el registro de su participación en las actividades del proceso de planificación y/o gestión del riesgo de desastres (invitación, medio de contacto, fecha, hora, y asistencia registrada).

- Una matriz de caracterización de los actores a partir de las categorías según tipo y su forma de relación con el territorio (regional, comunal, local o barrial), su ámbito de interés respecto del territorio (seguridad – emergencias, patrimonio, medio ambiente, desarrollo social, entro otros) y su relevancia como agente de información y conocimiento del territorio local a planificar (alto, moderado, bajo).
- Diagrama de relaciones que grafica la manera en que interactúan los diferentes actores clave en el contexto del territorio intercomunal, comunal y local, permitiendo jerarquizar sus posiciones respecto de sus roles en la formulación del IPT.

La construcción del Mapa de Actores, también constituye un antecedente útil para la elaboración del Estudio de Amenazas, con el objetivo de realizar entrevistas a aquellos actores directamente relacionados con las amenazas. Actores involucrados tanto por sus grados de participación en las diferentes fases del ciclo de riesgo de desastres como por la experiencia de gestión o afectación directa.

Por último, se consideran reuniones con los Órganos de la Administración del Estado (OAE), entre la fase de contexto y enfoque y la fase de diagnóstico ambiental estratégico, donde sea posible trabajar las prioridades ambientales y de sustentabilidad mediante metodologías especialmente adaptadas para el trabajo grupal, que permitan retroalimentar los temas claves y los factores críticos de decisión.

c) Trabajos preparatorios para el Estudio de Amenazas

Para el desarrollo del estudio de amenazas se precisan en esta etapa de preparación, los trabajos preparatorios para el análisis de las amenazas, contemplando la **identificación preliminar de las amenazas presentes** en el sistema -urbano y territorio sujeto a planificación**, gestionando la obtención de los insumos** y la recopilación como la

revisión de **mapas de amenazas** elaborados y/o validados por los organismos técnicos para el monitoreo de la amenaza, al que hace alusión el artículo 35 y 38 de la Ley 21.364.

Así, en el marco del proceso de planificación urbana, este primer paso del estudio de amenaza se desarrolla en la Etapa de Preparación del IPT. A modo de resumen, este paso consiste en la realización de tres actividades. La primera es la identificación preliminar de las amenazas presentes en el territorio a estudiar, la segunda es la gestión de los insumos del estudio y sus definiciones generales, y por último lo correspondiente a la solicitud, recopilación y revisión de los mapas de amenaza elaborados o validados por los OTMA. Cada una de estas tres actividades se explican a continuación.

i) Identificación preliminar de la amenaza

Para guiar la identificación preliminar de las amenazas el órgano responsable, debe dar respuesta a las siguientes preguntas orientadoras:

1. Sobre los elementos geográficos generales del paisaje natural:

- ¿Es este un territorio costero?
- ¿Es este un territorio montañoso?
- ¿Es este un territorio de pampas o valles abiertos?
- ¿Cuáles son los cerros más cercanos? ¿A qué distancia se encuentran?
- En caso de haber cerros, , es común que caigan rocas, que se deformen los suelos o que existan derrumbes?
- ¿Cuáles son los ríos, esteros o quebradas principales del entorno?
- ¿Hay lagos, humedales o cuerpos de agua en general?
- ¿Hay volcanes cercanos, o relativamente cercanos? ¿Cuáles son y a qué distancias se encuentran?
- Esos volcanes, ¿tienen ríos, esteros o quebradas que se conecten con el territorio?

2. Sobre las amenazas naturales:

- ¿Cuáles han sido las últimas lluvias intensas? ¿En qué fechas ocurrieron?
- ¿Cuáles son las lluvias más antiguas que se recuerdan?
- ¿Cuáles fueron los efectos de esas lluvias? ¿Hubo crecida de ríos, esteros o quebradas?
- ¿Hubo desprendimiento de rocas o deslizamientos?
- ¿Hubo anegamientos?
- ¿Qué otros fenómenos naturales dañinos se produjeron durante esas lluvias?
- En caso de lluvias menores, o habituales, ¿cuáles suelen ser los efectos sobre el territorio?
- ¿Cuáles han sido los últimos sismos intensos? ¿En qué fechas ocurrieron?
- ¿Cuáles son los sismos más antiguos que se recuerdan?
- ¿Cuáles fueron los efectos de esos sismos? ¿Hubo desprendimiento de rocas o deslizamientos?
- En caso de ser un sector costero, ¿hubo tsunami en alguno de esos sismos?
- ¿Qué otros fenómenos naturales dañinos se produjeron durante esos sismos?
- En caso de sismos menores, o habituales, ¿cuáles suelen ser los efectos sobre el territorio?
- En caso de haber volcanes en el entorno geográfico, ¿cuáles han sido las últimas erupciones que se recuerdan?

- En caso de que se recuerden erupciones, ¿tuvieron algún impacto sobre el territorio? ¿Cayó ceniza? ¿Hubo aluviones o lahares? ¿Hubo sismos?
- ¿Qué otros fenómenos naturales dañinos se produjeron durante esas erupciones?
- En caso de erupciones menores, o habituales, ¿cuáles suelen ser los efectos sobre el territorio?
- ¿Existen datos del hundimiento de terrenos o socavaciones?
- ¿Existen antecedentes de algún otro evento no mencionado en las preguntas anteriores?

3. Sobre las amenazas antrópicas

- ¿Qué problemas existen a causa de excavaciones, extracciones, rellenos, acopios, túneles, piques y otros similares? ¿ocasionan problemas de derrumbes, socavones, deslizamientos u otros efectos de terrenos inestables?
- ¿Cuáles han sido las fuentes de contaminación asociadas a actividades productivas industriales y los eventos que han ocurrido, generando efectos en la salud humana?
- ¿Qué material, producto o desecho generado por actividades humanas, han registrado daños al medio ambiente? ¿O a la salud de las personas?
- ¿Qué otros fenómenos dañinos se han producido, como efecto de la intervención humana?
- ¿Tuvo algún impacto sobre el territorio?
- ¿Hay alguna zona donde frecuentemente se generen incendios? ¿De qué tipo? ¿Cada cuánto tiempo ocurren los incendios? ¿Por qué se originan? ¿Qué sector se ha visto más afectado?
- ¿Existe algún sector en que antiguamente hubo una actividad productiva y que hoy ya esté abandonada?

Durante el desarrollo del estudio de amenazas, podría ser necesario incorporar nuevas amenazas que no fueron detectadas en su inicio.

La identificación preliminar de las amenazas permite orientar decisiones referentes a los insumos iniciales mínimos y tomar algunas definiciones fundamentales para la ejecución del estudio de amenazas para Planes Reguladores Comunales e Intercomunales.

ii) <u>Insumos y definiciones para el estudio</u>

El estudio de amenaza utiliza la cartografía base que se elabora para llevar adelante el proceso de planificación en su conjunto. Así, el proceso de levantamiento cartográfico del desarrollo de los IPT **debe programarse para que se ejecute antes del estudio de amenaza,** con estimación de tiempos factibles a la realización del estudio. Esto a fin de que se realicen en forma consecutiva como tareas secuenciales, para garantizar el necesario ajuste y coordinación de los productos que generan la base del estudio de diagnóstico con el proceso de diseño del IPT.

Respecto a la cobertura de información base para el estudio de amenazas, los levantamientos de restitución cartográfica, así como antecedentes de cartografías que se utiliza en los Planes Reguladores, deben considerar los sectores donde se generan las amenazas. Con estos levantamientos se debe contextualizar el entorno geográfico inmediato de las amenazas, dado que, aun cuando se generen fuera del área urbana o territorio de planificación, igualmente pueden afectar las zonas a regular.

Para iniciar un estudio de amenazas es necesario tener una clara noción de las **áreas de estudio** involucradas. Sin embargo, debido a que los estudios de amenaza para los IPT son un punto de encuentro entre diferentes disciplinas, con marcos conceptuales y marcos jurídicos diversos, aparece la dificultad definir cuál es el "área de estudio".

Si desde el punto de vista urbanístico toman relevancia los conceptos de área urbana, área de extensión urbana, área de planificación urbana, áreas consolidadas, áreas no consolidadas, área rural, entre otras, para los efectos del estudio de amenazas serán más relevantes conceptos tales como el área del contexto general, área de generación, área de restitución cartográfica de detalle, ente otros.

Estas diferencias conceptuales implican una dificultad a la hora de establecer un entendimiento entre todas las partes respecto de cuál será específicamente el "área de estudio". Para resolver esta problemática, aquí se propone hacer una definición de los conceptos más relevantes antes descritos, de modo de facilitar una comparación entre unos y otros, que permita identificar la utilidad que cada uno de ellos tiene según el propósito de los IPT y de sus escalas de trabajo.

- **Área de planificación urbana**: corresponde al área o áreas de planificación del instrumento. En caso de los PRC, corresponde al área urbana vigente y el área de extensión urbana vigente establecida por un PRI o PRM. En el caso de los PRI, corresponde a las áreas urbanas, áreas de extensión urbana y todas las áreas rurales que las conectan.
- **Área de levantamiento o restitución cartográfica**: Área donde se realiza el levantamiento cartográfico y topográfico de detalle. En los casos de los PRC, debe incluir el área de planificación urbana y debe extenderse hacia el área de las cuencas aportantes. Si bien lo ideal es que abarque la totalidad de dichas cuencas, en caso de que estas se extiendan muy por lejos del área de planificación, su delimitación debe considerar las áreas geográficamente más relevantes para identificar y caracterizar las amenazas que pueden afectar a las áreas de planificación.
- **Áreas de generación**: corresponde a las cuencas aportantes y/o las laderas desde las que podrían generarse amenazas que afecten al área de planificación urbana (para los casos de los PRC) y del área intercomunal (para el caso de los PRI). Dado que es probable que su superficie total no quede cubierta por el levantamiento topográfico de detalle (para PRC), se debe evaluar la utilización de Modelos Digitales de Elevación (DEM por sus siglas en inglés) de libre disposición, en aquellas áreas donde no se cuente con dicho levantamiento.
- **Áreas de contexto regional**: existen algunos rasgos o características físicas de los paisajes naturales que solo pueden ser abracadas a escalas regionales (es decir, que permitan incluir grandes extensiones de terreno), cuyo análisis podría ser necesario para comprender las dinámicas generales de los fenómenos en estudio. Debe considerar, al menos, el área de las cuencas aportantes, e idealmente debe extenderse hacia el contexto en que el que dichas cuencas están insertas.
- **Área mínima cartografiable**: corresponde al área mínima de los objetos que pueden ser representados en un mapa, de acuerdo con la escala del mapa. Define el tamaño mínimo que debe tener un objeto para ser integrado en la cartografía, debido a que un tamaño menor no sería representable ni reconocible.

En cuanto a las escalas del estudio, estas dependen del IPT que se va a desarrollar y deben estipularse en las bases técnicas de licitación en el caso de elaborarse bajo esta modalidad, como se indica a continuación:

- **Planes Reguladores Comunales**: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000.
- **Planes Reguladores Intercomunales**: 1: 10.000, 1:20.000, 1:50.000.

Por último, los insumos cartográficos mínimos con los que se debe contar para iniciar un estudio de amenazas corresponden a:

- Modelo Digital de Elevaciones (DEM, por sus siglas en inglés) de una resolución acorde a la escala del estudio. Fuera del área de planificación urbana, se podría considerar el uso de modelos digitales de libre acceso.
- Base cartográfica que represente los elementos geográficos y urbanos más relevantes (como cuerpos de agua, vialidad, trama urbana, etc.).
- Coberturas que representen las áreas urbanas y de extensión urbana vigentes. A su vez, se debe tener claridad de si existen estudios en desarrollo que propongan su modificación.

iii) Mapas de amenazas de los OTMA

Una vez que se tiene la identificación preliminar de las amenazas presentes en el territorio es fundamental recopilar y revisar los mapas de amenaza elaborados por los organismos técnicos competentes (OTMA), y que cumplan con los requisitos de validación establecidos en el Reglamento que los regule. Lo anterior, teniendo presente que el mapa de amenaza respectivo **será utilizado** para la elaboración de los instrumentos de planificación territorial (Artículo 35 de la Ley 21.364) y será elaborado y/o validado por los organismos técnicos para el monitoreo de las amenazas mencionados en el Artículo 38, letra b), los que se listan a continuación:

- Dirección Meteorológica de Chile (DMC).
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
- Corporación Nacional Forestal (CONAF) o su sucesor legal.
- Centro Sismológico Nacional (CSN).
- Dirección General de Aguas (DGA).
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).
- Bomberos de Chile.
- Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).
- Otros que el reglamento pueda incluir según la presente Ley.

El paso inicial para la revisión de estos antecedentes consiste en la solicitud formal, en el marco del estudio que se desarrolla, de los mapas de amenaza que cada uno de estos organismos tenga a su haber, en caso de que no estén disponibles para acceso público en alguna plataforma. No obstante, se recomienda consultar igualmente al organismo técnico para descartar que haya nuevos antecedentes no disponibles en repositorios públicos de libre acceso, o en proceso de elaboración o actualización.

Conviene señalar que el modo específico en que un mapa de amenaza debe ser utilizado (entendido por la ley 21.364 como un instrumento legal), no está establecido explícitamente por dicha ley. Por lo tanto, esta guía se limita a dar orientaciones generales respecto de cuáles son los elementos fundamentales para tener en cuenta durante la revisión y/o elaboración. En este caso, si se estima necesario durante el diseño del IPT, se pueden realizar ajustes fundados de los mapas, los que necesariamente deberán ser validados por los organismos técnicos respectivos en la aplicación del procedimiento de EAE.

En caso de que sí existan mapas de amenaza (ya sea elaborados por estos organismos, o bien, validados por ellos), se debe tener claridad respecto de las siguientes preguntas orientadoras:

- ¿Cuáles fueron los objetivos particulares para los cuales estos mapas fueron desarrollados? ¿Esos objetivos están claramente explicitados? Y en caso de que sí, ¿están orientados hacia la respuesta ante la emergencia, o hacia la planificación territorial?
- ¿En qué año se realizaron los mapas? ¿Hubo eventos desastrosos posteriores a esa fecha? ¿Tuvo ese mapa una buena coherencia con las áreas afectadas? ¿Fueron útiles para los objetivos que se plantearon originalmente?
- ¿Qué tipo de amenazas consideran los mapas? ¿Abarcan la totalidad de las amenazas a las que está expuesto el territorio?
- ¿Son esos mapas representativos de la situación actual del territorio? Ya sea por las características de los insumos utilizados para su construcción (escala, por ejemplo), como por el cambio de las condiciones del territorio desde la elaboración de dichos mapas a la actualidad.
- ¿A qué escalas están elaborados los mapas de amenaza? Y respecto del estudio de amenaza que se va a desarrollar, ya sea si corresponde a un PRC o a un PRI, ¿las escalas de los mapas de amenaza son de mayor o menor detalle que las del estudio?
- Una vez que se tenga claridad de todo lo anterior, la pregunta clave es la siguiente: ¿de qué manera estos mapas podrían ser utilizados para el estudio? ¿Se pueden usar tal y como están publicados, requieren de algún ajuste cartográfico para empalmarse con los insumos propios del estudio, o bien, deben ser considerados solo como una referencia general?

Estas preguntas están orientadas a elaborar una revisión crítica de los mapas, ya que son múltiples los factores por los cuales un mapa de amenaza podría no ser de utilidad para el estudio específico que se va a desarrollar.

Un punto para tener en cuenta al momento de hacer la solicitud de información a los organismos técnicos competentes es que en ese mismo acto también se pueden solicitar otras informaciones que el equipo ya haya detectado como insumos relevantes. Otra posibilidad, pero que suele ser menos efectiva, es hacer una solicitud general, de modo que el organismo haga entrega de lo que estime pertinente para el estudio en desarrollo.

En la etapa de elaboración o diseño del IPT, particularmente en la fase de diagnóstico, cuando se realice el estudio de amenaza, se recomienda insistir en la solicitud de estas u otras informaciones que se consideren necesarias.

2.2.2 Etapa de Elaboración o Diseño del IPT

a) Fase de Diagnóstico y Tendencias

La fase de diagnóstico y tendencias, abarca el conjunto de actividades y tareas tendientes a establecer los fundamentos del IPT, sobre la base de procedimientos estructurados que permiten arribar a los temas claves de la planificación.

Resulta de suma relevancia que los procesos de elaboración o actualización de los Instrumentos de Planificación identifiquen claramente las características, fortalezas, debilidades, potencialidades y oportunidades del sistema urbano objeto de planificación, condiciones que a la postre serán un soporte para su formulación.

La comprensión del territorio y del entorno local para el conocimiento cabal del riesgo, se aborda en la fase de diagnóstico y tendencias de los IPT. Esta fase considera, en materia de riesgos, la revisión de estudios existentes (que se incluye en la construcción de un marco de referencia estratégico) y generación de análisis y estudios técnicos específicos y complementarios; así como levantar las visiones de los ciudadanos y sus necesidades. Un antecedente clave para el estudio de riesgos será revisar para su necesaria coherencia, los mapas de amenazas que aporten los diferentes servicios públicos en el marco del cumplimiento de la Ley 21.364 SINAPRED.

El **estudio de amenaza** involucra la zonificación de la amenaza mediante niveles diferenciados, la confección del mapa de amenaza (para cada una de las amenazas evaluadas) y el informe técnico que lo fundamenta. Estas actividades son, normalmente, parte del "Diagnóstico integrado" en el desarrollo del IPT correspondiente.

De acuerdo con la ley 21.364, "la elaboración, validación y actualización permanente de los mapas de amenazas estará a cargo de los organismos técnicos correspondientes según sus competencias". A partir de esta sentencia se infiere que los órganos técnicos están facultados para **validar** los mapas de amenazas que no sean elaborados por ellos. Para someter a validación un estudio de amenaza este debe cumplir con los requisitos mínimos para ser validado por los órganos técnicos correspondientes. A raíz de esto mismo, entonces, surge la siguiente interrogante: los órganos técnicos, ¿tienen claramente establecidos los requisitos para que un mapa de amenaza sea validado por ellos? Si se toma en consideración que estos requisitos pueden ser dinámicos (es decir, que pueden ser actualizados permanentemente), entonces **todo estudio de amenaza debe consultar y tomar conocimiento oportunamente de los criterios vigentes que cada órgano técnico tiene publicados para considerar válido un mapa de amenaza**.

i) Antecedentes del Estudio de Amenazas

Es importante que las actividades relacionadas con los antecedentes del estudio se consideren como un paso en sí mismo, independiente del resto de las actividades, ya que deben servir como insumo para el paso siguiente. Este paso requiere de la recopilación de antecedentes y su revisión sistematizada, con el objetivo de asegurar oportunamente el sustento bibliográfico del estudio. Luego de esta revisión, y a partir de los antecedentes recabados, podría ser necesario realizar un ajuste a la identificación preliminar de las amenazas realizada en el paso anterior.

- Recopilación de Antecedentes

En la recopilación de antecedentes se hace énfasis en identificar y buscar información, con especial atención en los siguientes temas:

- Registro de la actividad histórica de las amenazas que han afectado el territorio.
- Impactos asociados a la actividad histórica de las amenazas.
- Registro geológico de eventos.
- Caracterización de factores condicionantes y desencadenantes (línea base).
- Análisis de susceptibilidad o peligrosidad[13].

[13] Los conceptos de susceptibilidad, aplicada a la amenaza y peligrosidad, en el ámbito de los estudios de amenaza, son explicados en el glosario de esta guía.

- Identificación de obras de mitigación con sus estudios correspondientes, elaborados tanto por los OAE como por particulares para la ejecución de proyectos.

La búsqueda de antecedentes no debe restringirse únicamente a las áreas de planificación, sino que debe ser representativa de su entorno geográfico y considerar las escalas de trabajo diferenciadas, según el tipo de estudio, ya sea un PRC o un PRI/PRM.

Esta recopilación se puede dividir en cinco grandes grupos de antecedentes, según la fuente de información a partir de la cual estos fueron obtenidos: insumos cartográficos, trabajos técnicos específicos, estudios científicos, prensa y entrevistas (o reuniones).

Cuadro 2-2: Tipos de antecedentes para Estudio de Amenazas

Grupos de antecedentes	Descripción	Fuentes
Insumos cartográficos	- Insumos cartográficos públicos disponibles tales como imágenes satelitales, modelos de elevación digital y datos geoespaciales - Generación de insumos cartográficos de detalle acordes a los requerimientos del estudio, que abarquen un área tal que permita realizar una evaluación exhaustiva de las amenazas.	Fuentes oficiales como la plataforma de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE-Chile).
Trabajos técnicos específicos	- Estudios realizados por organismos técnicos competentes o por encargo de un organismo público o una institución no académica. - Los mecanismos para recopilar la información son la revisión de repositorios de las instituciones públicas como bibliotecas o páginas web para aquellos documentos que se encuentran disponibles para el público general o la solicitud de información mediante la Ley de Transparencia (que puede demorar hasta 20 días hábiles) o mediante oficio a organismos técnicos como Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) o su sucesor legal, el Centro Sismológico Nacional (CSN), la Dirección General de Aguas (DGA), la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), entre otras que defina el reglamento.	- Instrumentos de planificación territorial. - Estudios de impacto ambiental. - Información histórica de precipitaciones y temperatura. - Información histórica de eventos de amenaza. - Información geológica, geomorfológica, hidrográfica, de clima, entre otros. - Mapas de amenaza y memorias explicativas respectivas. - Estudios de ingeniería para obras de mitigación.
Estudios científicos	- Artículos publicados en revistas científicas nacionales o internacionales, tesis de pregrado o postgrado.	- Estudios de eventos naturales específicos en la zona. - Información geológica, geomorfológica, de hidrografía, de clima, entre otros. - Estudio de amenazas con metodologías específicas, que han sido probadas en otros lugares con condiciones naturales similares, y por tanto podrían aplicarse en el área de estudio. - Mapas de amenaza (no validados por los OTMA).

Grupos de antecedentes	Descripción	Fuentes
Prensa, crónicas o registros históricos.	- Información relacionada a eventos ocurridos en la zona de estudio, para ser incorporados en el inventario. Es importante considerar que los archivos de prensa suelen estar más orientados a los daños ocurridos debido a las amenazas, antes que a su descripción técnica. Por lo tanto, es común que la información esté dada según términos populares (no formales). - También es posible encontrar información sobre amenazas que han afectado ciertas áreas del país en libros, crónicas o trabajos que analizan la historia de localidades o regiones. Muchas veces se describen efectos y es posible interpretar lugares afectados y magnitudes de los eventos. - Estos eventos, según la información lo permita, deben ser asociados luego a la terminología propuesta en esta guía. Por ejemplo, los procesos de ladera suelen encontrarse como "acarreos", "derrumbes", "rodados", "avalanchas", entre otros. O los flujos de detritos, como "aluviones", "aludes", "avalanchas", "bajadas", "huaicos", entre otros.	- Medios de comunicación escrita - Repositorios digitales de prensa nacional - Bibliotecas - Editoriales
Entrevistas o reuniones	- Realización de entrevistas o reuniones con actores clave que estén vinculadas al territorio, y que pertenezcan a alguna institución u organización civil. - Estas instancias permiten recoger la experiencia directa de quienes habitan el territorio, y muchas veces entregan informaciones que no se encuentran disponibles en documentos técnicos oficiales. - Permite identificar los puntos sensibles para la población, respecto de las amenazas que pueden afectar el área de estudio. Generalmente, son estos puntos los que revisten mayor interés tanto para las autoridades como para la población.	- Encargados/as de emergencia comunales. - Directores de obras municipales, DIDECO, SECPLAN, otras instituciones públicas. - Centros de investigación locales, instituciones académicas. - Museos locales, fundaciones u otras organizaciones de la sociedad civil. - Comités de emergencia - Juntas de vecinos, entre otros.

- Revisión de antecedentes

A medida que se recopilan los diferentes antecedentes necesarios y útiles para el estudio de amenazas, estos se deben revisar para obtener información relevante. Es importante que esta revisión sea sistemática y ordenada, de manera que sirva como una fuente de datos para los siguientes pasos de la elaboración del estudio.

Se recomienda clasificar la información disponible según, al menos, las categorías de amenazas, tipo de insumos y objetivos de la información, identificando las fuentes bibliográficas. Asimismo, toda vez que sea posible, se requiere registrar la ubicación de los eventos recopilados (proceso de georreferenciación), o en su defecto, al menos indicar la localidad aproximada o algún hito de referencia.

- Ajuste de amenazas identificadas

Si en la Etapa de Preparación del IPT ya han sido definidas preliminarmente las amenazas presentes en el territorio, una vez clasificados y revisados los antecedentes, podría ser necesario ajustar el listado de amenazas a estudiar. El objetivo es incorporar amenazas específicas que no hubieran sido detectadas en durante el paso de preparación, de modo que

logren ser integradas en el paso siguiente. Además, según el detalle de la información recopilada, se tendrá una primera idea respecto del tipo de metodologías que se llevarán a cabo para realizar, posteriormente, la zonificación: ¿serán metodologías más cualitativas, o más cuantitativas? ¿se realizará un análisis de susceptibilidad o de peligrosidad de la amenaza?

ii) Diagnóstico del Estudio de Amenazas

El tercer paso del procedimiento de elaboración de un estudio de amenazas corresponde al **diagnóstico** y comprende la elaboración de un inventario de las amenazas identificadas y, en paralelo, la elaboración de una línea de base de los diferentes aspectos del medio natural que son relevantes para el análisis de las amenazas identificadas.

El objetivo principal de este paso es poder caracterizar física, espacial y temporalmente, en la medida que lo permita la información disponible, las diferentes amenazas identificadas, con el fin de elaborar un diagnóstico de cada una de ellas, que incluya sus factores condicionantes, desencadenantes y los sectores críticos en el área de planificación. Esto último tiene el objetivo de presentar oportunamente a la Contraparte Técnica los problemas más relevantes (o prioritarios) que están siendo detectados por el estudio.

Los **factores condicionantes** corresponden a los factores intrínsecos del medio que hacen más favorable la ocurrencia de una amenaza y que, evaluados y cartografiados, permiten determinar aquellas áreas que son más susceptibles de ser afectadas por ella. Por otra parte, la identificación de los **factores desencadenantes** (es decir, de aquellos que desencadenan o inician la ocurrencia de una amenaza) a partir de los registros históricos y prehistóricos, permite llevar a cabo un estudio estadístico para trazar series de tiempo que entregan relaciones de frecuencia y magnitud.

En función de lo anterior, cabe destacar que las condiciones que favorecen la ocurrencia de las diversas amenazas son variables a lo largo y ancho del país, a causa de las muy diversas características geográficas del territorio. Por la misma razón, la determinación de los períodos de retorno que deban evaluarse en distintos sectores del territorio nacional también hereda dicha variación.

La consideración de los efectos del cambio climático implica calificar en este diagnóstico la posibilidad de ampliar las zonas que históricamente se han visto afectadas por alguna amenaza dada la ocurrencia de eventos de precipitaciones de mayor intensidad y frecuencia, como de aumentos de temperaturas. También se debe tomar en cuenta que las amenazas de mayor impacto corresponden a eventos de una probabilidad baja de ocurrencia, es decir, asociados a un período de retorno largo, lo que tiene por consecuencia una baja percepción del riesgo entre las personas, pero que, en caso de ocurrir, podría tener grandes consecuencias.

- Línea de base

La elaboración de la línea de base consiste en una caracterización del medio físico que permita formular y comprobar hipótesis de relaciones entre diferentes factores ambientales subyacentes (factores condicionantes) y la distribución temporal de la ocurrencia de amenazas (factores desencadenantes). Como mínimo, se recomienda realizar una línea de base geológica, geomorfológica, hidrográfica y climática.

Para la **línea de base geológica** se deben revisar las cartas geológicas y cualquier otra publicación pertinente (por ejemplo, Geología para el Ordenamiento Territorial) elaborada por el organismo técnico competente (SERNAGEOMIN), que represente la información geológica del área en estudio. Las escalas de los productos publicados por el SERNAGEOMIN son variables (1:1.000.000, 1:250.000, 1: 100.000), y, en general, poseen menor detalle que lo requerido para Planes Reguladores Comunales o Intercomunales (>1:10.000 o >1:50.000, respectivamente). Por lo tanto, se requiere realizar un ajuste de dicha información a la escala del IPT en desarrollo. Esto debe hacerse a partir de, al menos, el uso de imágenes satelitales, información derivada del DEM (pendientes, mapa de sombras, etc.) e información de terreno, con especial énfasis en el contacto entre las unidades de material no consolidado y la roca.

En el caso de la **línea de base geomorfológica** se deben revisar publicaciones de SERNAGEOMIN y otros antecedentes que aporten información geomorfológica (estudios científicos, tesis, entre otros) que aporten información para definir unidades geomorfológicas. En algunos casos se suele utilizar la geomorfología de Chile propuesta por Börgel (1983), sin embargo, la escala de estas unidades es de mucho menor detalle a la requerida por los PRC o PRI, por lo que puede servir como insumo, pero requiere de un ajuste considerable. Esto debe hacerse a partir de, al menos, el uso de imágenes satelitales, información derivada del DEM (pendientes, mapa de sombras, orientación, etc.) e información de terreno. Es importante tener presente que los procesos formadores del relieve pueden ser de origen endógeno o exógeno, y que las morfologías pueden ser depositacionales o erosivas. Además, se recomienda tener especial atención en las geoformas del material no consolidado. En esta línea de base se deben incorporar también las descripciones de parámetros morfométricos generales derivados del DEM, como son, al menos, la pendiente y las elevaciones.

En cuanto a la **línea de base hidrográfica**, esta requiere de una caracterización de los cursos y cuerpos de agua presentes en el área estudiada, así como un análisis de la modificación de las cuencas en el tiempo, cuando corresponda. Para ello se debe consultar, al menos, la información pública disponible de la Dirección General de Aguas (DGA) y de la plataforma de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE-Chile) u otra plataforma similar. Además, se recomienda consultar otros antecedentes que aporten información hidrográfica relevante (estudios científicos, tesis, entre otros). Asimismo, dependiendo de la información disponible, sus escalas y la escala del IPT en desarrollo, puede que sea necesario ajustar la hidrografía mediante, al menos, el uso de imágenes satelitales, información derivada del DEM (red hidrográfica, cuencas, etc.) e información de terreno.

Para la elaboración de la **línea de base climática**, se recomienda realizar una descripción general del clima del área en estudio, con base en antecedentes públicos disponibles (descripciones, datos geoespaciales, datos históricos, etc.) y bibliografía relacionada (estudios científicos, tesis, entre otros). Asimismo, se sugiere revisar e incorporar información relevante respecto de eventos meteorológicos extremos o inusuales y proyecciones climáticas para el área, en caso de estar disponibles.

Cabe mencionar que, dada la variabilidad geográfica del país, puede que sea necesario incorporar otras características del medio físico en la línea de base (por ejemplo, cobertura vegetal y uso de suelo). Su incorporación se debe definir en función de la utilidad para el objetivo propuesto y la factibilidad de construirlas. Lo importante es que se consideren siempre antecedentes públicos (en caso de estar disponibles) y se complementen con otros que sean de utilidad, siempre teniendo en vista la escala del IPT.

En el **informe técnico** se debe presentar una descripción de las unidades geológicas y estructuras relevantes, unidades geomorfológicas y parámetros morfométricos, hidrografía y clima del área estudiada, mediante sus elementos, atributos, valores o rangos de valores, distribuciones espaciales, tendencias, y cualquier otro aspecto relevante.

Todas estas descripciones deben estar acompañadas del **mapa** respectivo, el que debe contener los elementos cartográficos mínimos (norte geográfico, escala numérica y gráfica, grilla y sistema de referencia, leyenda). Este mapa debe ser incorporado como figura cuidando que la paleta de colores y simbología elegidas permitan una clara visualización. En caso de ser solicitado por bases técnicas o si el profesional especialista lo considera necesario, se pueden entregar también como mapas anexos al informe. Asimismo, se sugiere incorporar, en caso de que no afecte la visualización del mapa, el *hillshade (o* mapa de sombras) para mostrar el relieve, aplicando leve transparencia a los polígonos.

- Inventario

Una vez identificadas las amenazas presentes en el territorio de planificación, y en paralelo a la elaboración de la línea de base, es necesario levantar un inventario de eventos.

En un estudio de amenazas, el inventario es uno de los elementos fundamentales para el análisis. Esto se debe a que permite conocer, compilar y comparar los eventos pasados que han ocurrido en el territorio, para evaluar la probabilidad de que puedan volver a ocurrir. Un principio básico en la evaluación de las amenazas naturales es que los eventos ocurridos con anterioridad, si se dan condiciones ambientales similares, podrían volver a ocurrir en el futuro.

El **inventario** consiste en una base de datos que contiene información de los eventos ocurridos y sus características, para cada amenaza. Ya que el objetivo del estudio es una zonificación, es fundamental que, en la medida que sea posible, la información del inventario se presente georreferenciada, pudiendo ser representados por vectores (puntos, líneas y/o polígonos) en SIG. En caso de que no sea posible georreferenciar algunos elementos, estos deben igualmente ser descritos en el texto del informe.

La información mínima que debe contener esta base de datos es el tipo de amenaza que se está registrando, su localización, una descripción general y la(s) fuente(s) de información. Lo ideal es que esta descripción permita reconocer, en algún grado, los factores condicionantes y desencadenantes, así como los impactos más relevantes, según la información disponible. Ejemplos de algunos atributos adicionales que pueden ser incorporados según el tipo de amenaza y la información disponible son: superficie afectada, volumen, estado de actividad del fenómeno, medidas de mitigación, entre otros.

Para el **informe técnico** es importante tener en cuenta que esta información debe presentarse de manera sistematizada y fácil de entender. Se recomienda considerar el apoyo de mapas, tablas, gráficos, etc.

Para construir el inventario es indispensable consultar diversas fuentes y tipos de información. Entre ellas se pueden mencionar: informes o estudios técnicos, artículos científicos, tesis o memorias de grado y prensa, inventarios, fotografías aéreas y secuencia de imágenes satelitales de años anteriores.

Una vez se tiene la información descrita previamente, se requiere realizar al menos una **visita a terreno** que permita validar y complementar la información recopilada, así

también levantar otros antecedentes mediante el trabajo de campo y entrevistas o reuniones con actores clave. Se recomienda tener en consideración tres cosas importantes: (1) el trabajo de campo es fundamental para un estudio de amenazas para PRC y PRI, porque le entrega un conocimiento directo al equipo de trabajo del territorio en estudio; (2) Es ideal realizar la visita a terreno después de tener un avance de la línea de base y del inventario; y (3) es necesario incluir fotografías de terreno en el informe técnico, tanto para validación como para ejemplificación. Por último, la planificación del terreno (días de trabajo, número de terrenos, actividades específicas) dependerá del método de análisis de cada amenaza.

- Diagnóstico de la amenaza

Una vez que se cuenta con la línea de base y el inventario para cada una de las amenazas, se debe realizar un diagnóstico. Es decir, se debe presentar una síntesis que ponga en evidencia los aspectos más relevantes de las líneas de base y del inventario, y cómo estos aspectos están relacionados con cada una de las amenazas en estudio. Uno de los objetivos de este diagnóstico es que la Contraparte Técnica pueda tener una visión panorámica, fundamentada en aspectos técnicos, respecto de cuáles son las amenazas que han tenido (y que tienen) mayor incidencia sobre el territorio. En caso de ser pertinente, incluso se pueden dar alertas a los OTMA competentes, tales como DOH, SERNAGEOMIN, SENAPRED, entre otros).

Para presentar el diagnóstico se recomienda hacer una descripción separada por tipos de amenaza, donde se indiquen los eventos más importantes detectados, y de qué maneras estos eventos se relacionan con los condicionantes propios del paisaje natural. En este sentido, el objetivo principal del diagnóstico es establecer relaciones entre la línea de base y el inventario, de modo de poder identificar **los factores condicionantes y los desencadenantes de las amenazas**. Es importante que en este diagnóstico se presente la información de forma clara y sistemática, y que sea apoyado con imágenes de terreno, figuras y cuadros de síntesis.

Una vez realizado el diagnóstico, el equipo de trabajo ya estará en condiciones de identificar cuáles serán las mejores metodologías para aplicar en el paso siguiente, para zonificar cada una de las amenazas.

iii) <u>Zonificación de las Amenazas</u>

El paso final del procedimiento de elaboración de un estudio de amenaza corresponde a la **zonificación**. Sus actividades consisten en una serie secuencial de tres pasos: definición (y aplicación) de metodologías de análisis de la amenaza, asignación de niveles de amenaza y elaboración de mapas de amenaza. Todas estas actividades, su desarrollo y respectiva justificación, deben sistematizarse y presentarse en el informe técnico.

- Metodología

La primera actividad de este paso final consiste en definir el método o grupo de métodos más adecuados para el análisis de cada amenaza. Para los detalles técnicos, criterios y recomendaciones específicas respecto de los métodos que suelen utilizarse en los estudios de cada amenaza, se puede revisar el Anexo 2.

Como criterio general, los métodos que se utilicen para elaborar los mapas de zonificación de la amenaza deben estar orientadas a que el producto sea objetivo, reproducible y

representativo. Y en los casos en que se deban aplicar criterios especiales, se debe explicitar en qué lugares específicos del territorio se aplican esos criterios, y por qué razones.

Por otra parte, las guías metodológicas no deben indicar de manera estricta el tipo de métodos a utilizar, sino, más bien, establecer *pautas* para el trabajo respecto de cuáles son los mejores métodos para seleccionar según determinadas condiciones. Esta selección debe analizarse caso a caso, para así incorporar las complejidades propias de cada lugar estudiado y de cada amenaza.

En general, se reconocen dos caminos para zonificar la amenaza. En el primero, el análisis se basa en los factores condicionantes y, por lo tanto, entrega como resultado una distribución espacial de la **susceptibilidad**[14] de la amenaza. El segundo incorpora, además, un análisis de los factores desencadenantes y probabilidades de ocurrencia según determinados periodos de retorno, lo que entrega como resultado una distribución espacial de la **peligrosidad** de la amenaza.

La evaluación de la susceptibilidad es un paso previo para la determinación de la peligrosidad. Sin embargo, existen casos en que la insuficiencia o la deficiente calidad de los datos, así como el alcance y las limitaciones propias del estudio, no permiten calcular la peligrosidad. En estos casos, la susceptibilidad se considera como un resultado en sí mismo, que puede ser utilizado para la toma de decisiones en planificación territorial.

En las circunstancias de que algún modelo complejo entregue resultados que no son los esperados, o que no son satisfactorios, o que no son coherentes con los datos del estudio, se recomienda volver a los métodos donde la opinión experimentada tiene un rol más preponderante. En otras palabras, se insiste en el hecho de que el *enfoque heurístico*[15] debe funcionar como una base permanente, independiente de que se implementen otro tipo de métodos.

Entre las consideraciones mínimas que se debe tener en cuenta para definir la metodología a utilizar, se encuentran:

- El tipo de amenaza que se analiza y sus características físicas.
- Las características físicas, como climáticas, hidrológicas, geológicas, geomorfológicas del área estudiada.
- La calidad y robustez de los datos levantados en el inventario asociado a la amenaza.
- Los factores condicionantes, tomando en cuenta los que condicionan la amenaza de manera generalizada y extensiva sobre el territorio, y aquellos que tienen relevancia localmente.
- Los factores desencadenantes, como una característica que condiciona tanto la frecuencia con que la amenaza puede afectar a un determinado lugar como la energía con que lo hace.
- El detalle de la información con que se cuenta puede actuar como una limitante, según el tipo de herramientas que se pretende utilizar (como, por ejemplo, *softwares* especializados que requieren de una gran cantidad de datos de entrada, muchas veces no disponibles).
- El tiempo de ejecución del estudio.
- Posibilidad de acceso a los diversos lugares del área a estudiar.

[14] Los conceptos de susceptibilidad y peligrosidad, en el ámbito de los estudios de amenaza, son explicados en el glosario de esta guía.
[15] Ver Anexo 2.

- En cierto tipo de amenazas, la distinción entre las zonas de generación (es decir, aquellas donde los procesos se generan), y las zonas de alcance (aquellas hasta donde los procesos podrían movilizarse).

El hecho de que una amenaza se pueden generar fuera del área de planificación urbana, implica que el análisis se deberá extender, a lo menos, hasta la zona de generación de las amenazas. Dependiendo de la amenaza y de la metodología escogida para su zonificación, podría requerirse que dicho análisis se realice: (1) a la misma escala que en el interior del área de planificación, (2) con un nivel de detalle menor (por ejemplo, en el caso de flujos que comienzan fuera del área estudiada), o (3) utilizando otra metodología de análisis, distinta, que esté orientada a entregar la información necesaria para alimentar aquellos modelos que se apliquen al interior del área de planificación (por ejemplo, cálculo de caudales de cuencas aportantes lejanas para desarrollar modelaciones hidráulicas específicas).

Con respecto a lo anterior, es importante que la metodología que se escoja para analizar cada una de las amenazas considere la escala a la cual se quiere planifica en el Instrumento de Planificación Territorial. En este sentido, se pueden distinguir los siguientes casos:

- Amenazas que afectan a grandes extensiones, con pocas variaciones espaciales, como podría ser el caso de la caída de material piroclástico (ceniza) asociado a erupciones volcánicas. En estos casos, es posible que la amenaza afecte la totalidad del territorio con igual o similar nivel.
- Amenazas afectan al territorio con variaciones a una escala similar a la que se busca planificar, como podría ser el caso de las inundaciones o remociones en masa. En estos casos, si se analiza la amenaza a una escala igual (o a lo menos similar) que la que se utilizará en el Instrumento de Planificación Territorial, es posible definir de forma adecuada las zonas que pueden ser afectadas por la amenaza.
- Amenazas que presentan variaciones espaciales más locales que la escala con que se planifica en el Instrumento de Planificación Territorial, como el caso de la subsidencia. En estos casos, se puede buscar delimitar un área en que se requiere contar con estudios de mayor detalle. Existen algunas normas, elaboradas por el Instituto Nacional de Normalización, que apuntan a algunas amenazas específicas[16].

Sea cual sea la metodología que se aplique, los resultados que se obtengan deben ser consistentes con las evidencias, como la información sistematizada en el inventario y las líneas de base.

En la medida que sea posible, es deseable que dichos resultados se contrasten con los que se obtienen mediante una metodología diferente y que exista consistencia entre ellos. Un ejemplo de esto último, en el caso de la inundación por desborde de cauces, es utilizar antecedentes geomorfológicos para validar los resultados de una modelación hidráulica.

- Niveles de amenaza

[16] Estas normas se refieren a las características de la construcción y a su ubicación, es decir, están enfocadas en la estructura misma. No son normas orientadas a la planificación.

La definición de niveles de amenaza tiene por objetivo delimitar zonas del territorio cuya exposición a una amenaza determinada es lo suficientemente homogénea en toda esa porción del territorio, como para asignarle un mismo nivel.

En esta guía metodológica se definen 4 niveles de amenaza: Muy Alto, Alto, Moderado y Poco significativo. Para cada amenaza zonificada, la totalidad del territorio debe tener asignado alguno de estos 4 niveles.

Dado que las metodologías de análisis de la amenaza pueden entregar 2 tipos de resultados (distribución espacial de la peligrosidad y/o distribución espacial de la susceptibilidad), la aplicación de criterios para definir los niveles dependerá de cada caso.

Cabe señalar que, lo usual, es que los estudios de amenaza logren obtener la susceptibilidad de la amenaza para todo el territorio. En cambio, la peligrosidad suele obtenerse en lugares específicos (generalmente asociados a la aplicación de análisis estadístico y/o modelaciones numéricas). Es decir, para una misma amenaza, los estudios generalmente presentan una combinación de criterios para definir sus niveles, dependiendo de los sectores de que se trate.

En la síntesis que se presenta a continuación se desarrollan criterios generales para todas las amenazas en conjunto, sin hacer distinciones específicas entre ellas. Estos criterios se diferencias según casos, dependiendo del tipo de resultados de que se dispone (peligrosidad y/o susceptibilidad). Sin embargo, se debe tener en consideración que las amenazas tienen características físicas sustancialmente diferentes unas de otras. Por lo tanto, la aplicación de estos criterios debe evaluarse y fundamentarse en cada una de ellas por separado. Para más detalles, ver el Anexo 2.

Caso 1: niveles de amenaza según la peligrosidad.

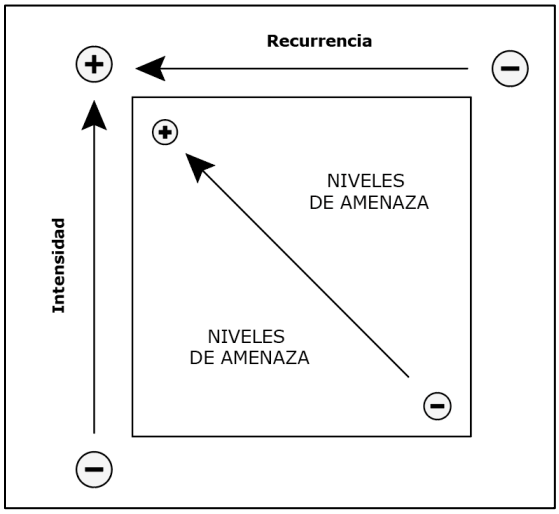
En este caso, en un punto dado del territorio, el nivel de amenaza puede ser asignado según el cruce entre 2 variables: la recurrencia (es decir, qué tan habitual es el fenómeno en ese lugar) y la intensidad (qué tanta capacidad de destrucción puede tener el fenómeno en ese lugar[17]).

Para una amenaza determinada, en un punto dado del territorio, se deben cumplir dos criterios: (1) a mayor recurrencia, mayor nivel de amenaza y (2) a mayor intensidad, mayor nivel de amenaza[18].

Esto implica que, en un punto dado del territorio, para una amenaza determinada, mientras más habitual sea el fenómeno y/o mientras más capacidad tenga de generar destrucción, mayor debe ser su nivel de amenaza. Conceptualmente se resume en la Ilustración 2-4.

[17] La intensidad es una medida o estimación de la "energía destructiva" del proceso, propia de los parámetros físicos involucrados. La intensidad no depende de aspectos como la calidad de las construcciones, densidad de población u otros parámetros relacionados con la exposición o a la vulnerabilidad.
[18] No debe confundirse la intensidad con la magnitud. Esta última es una medida del tamaño de un evento en particular, sin una variación espacial de su valoración. Es decir, mientras que un evento dado tendrá una magnitud única, cada punto del territorio podría ser afectado con una intensidad diferente.

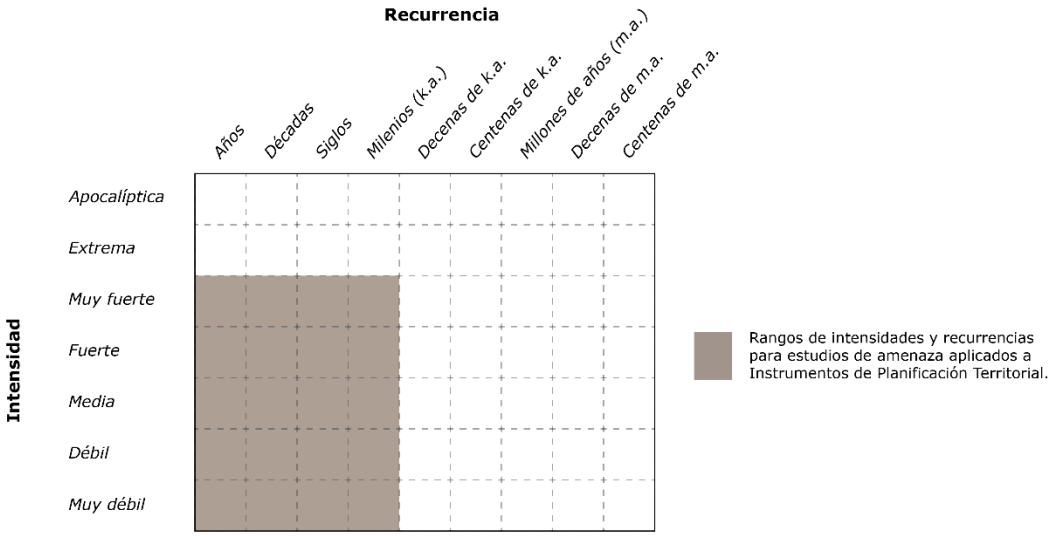
Ilustración 2-4 Niveles de amenaza según recurrencia e intensidad (conceptualización).



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, cada una de las amenazas naturales puede ocurrir en un espectro de recurrencias e intensidades específico, que depende de sus características físicas y de los fenómenos que los gatillan. Por lo tanto, no todos los rangos se consideran útiles para los objetivos que se plantean los Instrumentos de Planificación Territorial; la escala temporal dentro de la cual el desarrollo urbano tiene sentido, así como los tipos de efectos perjudiciales que las amenazas pueden tener sobre el territorio, se acotan a un rango relativamente acotado dentro de las escalas temporales (y de intensidades) de los fenómenos geológicos en general (Ilustración 2 5).

Ilustración 2-5 Rangos de intensidades y recurrencias para estudios de amenaza aplicados a IPT.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que los rangos de recurrencias entre las distintas amenazas pueden ser extremadamente variables entre unas y otras. Por ejemplo, si las recurrencias asociadas a

los desbordes de cauces tienen sentido en escalas de años, décadas o siglos, para las rupturas superficiales de falla las recurrencias se pueden asociar a milenios. A su vez, para una misma amenaza, dependiendo del contexto geográfico, también puede haber variaciones considerables. Por ejemplo, si en un volcán los flujos de lava tienen recurrencias de decenas de años, en otro volcán, el mismo tipo de flujos de lavas puede tener recurrencias de siglos.

Por su parte, los parámetros físicos que definen los niveles de intensidad también son fuertemente dependientes del tipo de amenaza. Por ejemplo, en el caso de tsunami, las diferentes alturas de inundación permiten establecer un gradiente de múltiples niveles de intensidad sobre el territorio; en cambio, en el caso de ruptura superficial de fallas, o de flujos piroclásticos, los niveles de intensidad deben ser binarios: o afecta de manera muy fuerte el territorio, o bien no lo afecta (es decir, en algunos casos no sería correcto establecer niveles intermedios de intensidad).

Para establecer niveles de amenaza según la peligrosidad, la intensidad *debe estar cuantificada* según parámetros físicos (por ejemplo, a partir de la altura de inundación, velocidad de escurrimiento, volumen desplazado, espesor acumulado, etc.), y la recurrencia debe estar cuantificada según periodos de retorno (con sus respectivas probabilidades de ocurrencia). Es decir, se debe disponer de distintos escenarios, y para cada escenario, se debe tener una distribución espacial de la intensidad a partir de parámetros numéricos.

El ejemplo más común donde se cumple lo anterior corresponde a las modelaciones hidráulicas. Para los cauces donde se realizan estas modelaciones se obtienen resultados cuantitativos de la intensidad para distintos periodos de retorno (por ejemplo, de 10, 25, 50 y 100 años). El paso siguiente consiste en establecer niveles para dicha intensidad, en función de los parámetros físicos que la cuantifican. Para esto, se requiere definir intervalos discretizados. Por ejemplo, si se tiene una distribución espacial de las alturas de inundación, se puede definir niveles de intensidad de este tipo:

- *Intensidad muy fuerte*: alturas mayores a 2 m.
- *Intensidad fuerte*: alturas entre 1 y 2 m.
- *Intensidad media*: alturas entre 0,5 y 1 m.
- *Intensidad débil*: alturas entre 0,1 y 0,5 m.
- *Intensidad muy débil*: alturas menores a 0,1 m.

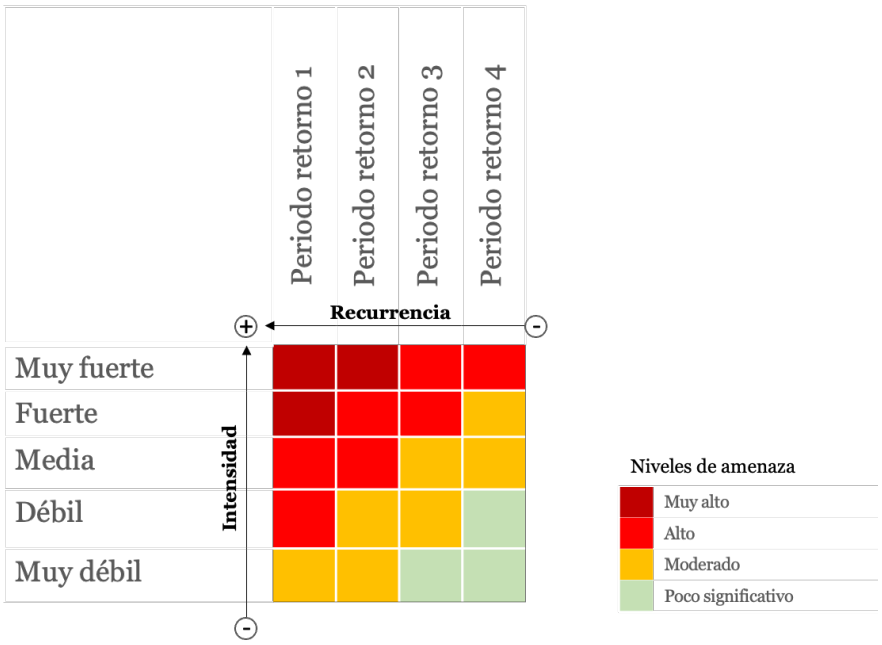
Dado que las modelaciones entregan resultados para distintos períodos de retorno, un mismo punto del territorio, en distintos escenarios, puede verse afectado por distintos intervalos de intensidad. Cada combinación entre periodo de retorno (escenario) e intervalo de intensidad, se asocia a un nivel de amenaza. El conjunto de estas combinaciones (periodo de retorno vs intensidad) se puede sistematizar a través de una matriz de decisión (Ilustración 2-6). Finalmente, esta matriz de decisión se aplica sobre cada punto del territorio modelado[19].

En el caso que de que un punto del territorio cuente con distintos niveles de amenaza (que resultan de distintos periodos de retorno), debe considerarse el nivel de amenaza más desfavorable.

[19] En términos cartográficos, las modelaciones entregan sus resultados en pixeles o polígonos. Por lo tanto, la matriz de decisión se aplica sobre cada pixel o polígono modelado, no sobre puntos.

En ocasiones, se modela un único periodo de retorno, lo cual simplifica la construcción de la matriz.

Ilustración 2-6 Matriz de decisión para definir los niveles de amenaza.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que la construcción de esta matriz de decisión dependerá de las particularidades de cada amenaza. A su vez, para una misma amenaza, las recomendaciones internacionales de cómo se deben construir estas matrices son diversas. En Chile, las únicas amenazas que cuentan con este tipo de recomendación, desde un nivel institucional, son las inundaciones por desborde de cauces y flujos[20] (para más detalle, ver Anexo 2). El resto de las amenazas no cuentan con este tipo de recomendaciones institucionales.

En esta guía metodológica, para suplir dicha falta de información, los niveles de amenaza definidos para la inundación por desborde de cauces se utilizaron como una referencia para otras amenazas, que por la similitud de sus características físicas pueden considerarse como homologables[21]. Con ello se busca que amenazas que tienen una capacidad similar para generar daño, con una recurrencia similar, tengan un mismo nivel de amenaza.

[20] Ordinario DOH N° 2852 (30 de septiembre de 2021).
[21] Esto se aplicó particularmente para las amenazas de anegamiento y tsunami. Ver Anexo 2.

Caso 2: niveles de amenaza según la susceptibilidad.

En este caso, la diferencia principal con el anterior es que no se cuenta con parámetros que cuantifiquen la recurrencia de los eventos. Además, no siempre se cuenta con parámetros que cuantifiquen la distribución de la intensidad de la amenaza sobre el territorio.

En cambio, a partir de las evidencias del inventario y de las líneas de base, se tiene una serie de parámetros (que pueden ser cualitativos o cuantitativos) que califican los factores que condicionan la ocurrencia de la amenaza. En otras palabras, se tienen parámetros que indican la susceptibilidad de ocurrencia del fenómeno, según sus condicionantes.

Conceptualmente, a pesar de que no se tiene una cuantificación de la recurrencia del fenómeno (es decir, a pesar de que no se tienen periodos de retorno, ni probabilidades de ocurrencia), la susceptibilidad está en relación directa con la recurrencia. En la medida en que un sector particular del territorio tiene condiciones que favorecen la ocurrencia de la amenaza, entonces la amenaza será cada vez más inminente (lo cual se asocia conceptualmente a una mayor habitualidad[22] del fenómeno). En contrapartida, en la medida en que un lugar determinado presenta menos condiciones que favorezcan la ocurrencia, la amenaza se considera posible, pero cada vez menos probable (es decir, se puede asociar a una menor habitualidad del fenómeno).

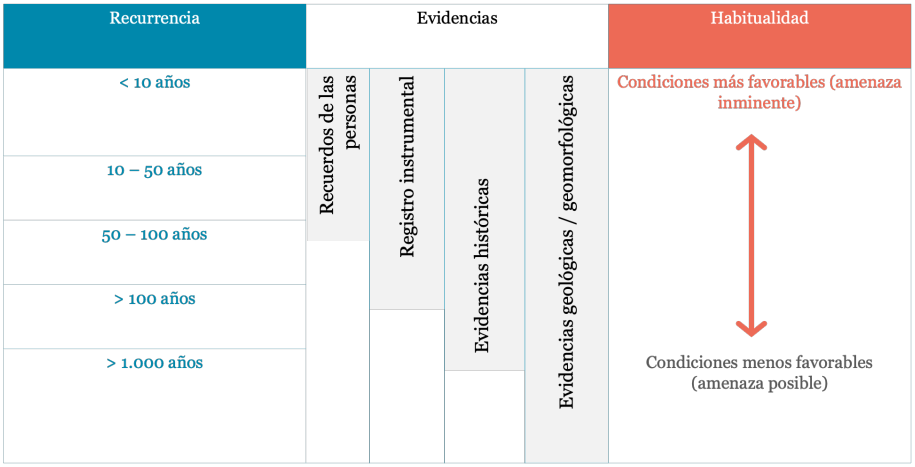
Cabe señalar que la evidencia que se recoge y analiza durante el desarrollo del estudio, registra y/o soporta el reconocimiento de los factores que condicionan la ocurrencia de las distintas amenazas. Esta evidencia puede tener distintas fuentes: (1) recuerdos directos de las personas que habitan, trabajan o son conocedoras del territorio, (2) registros instrumentales[23], (3) evidencias en registros históricos (por ejemplo, estudios de recopilación histórica o archivos de prensa) y (4) evidencias en el registro geológico / geomorfológico (Ilustración 2-7).

Estas fuentes de información, en ese orden, suelen dar cuenta de eventos cada vez más antiguos. Es decir, mientras que el recuerdo de las personas tiende a abarcar hasta algunas décadas, los registros históricos se logran extender hasta algunos siglos, y los registros geológicos pueden indicar eventos de miles, decenas de miles, centenas de miles o incluso millones y decenas de millones de años (y más…). Así mismo, para cada tipo de fuente de información, en la medida en que la evidencia refiere a fenómenos más antiguos, su interpretación se vuelve cada vez más imprecisa o ambigua.

El registro geológico y geomorfológico, particularmente el de los materiales no consolidados (arcillas, limos, arenas, gravas, etc.), entregan información de la evolución del paisaje natural en un amplio espectro temporal, que puede ir desde las últimas lluvias observadas, hasta los fenómenos más antiguos del Cuaternario (2,66 millones de años), o incluso aún más antiguos. Por lo mismo, una correcta delimitación de las unidades de material no consolidado, es un insumo clave para un correcto análisis de la susceptibilidad de los fenómenos en estudio.

[22] La habitualidad se entiende como una representación cualitativa de la recurrencia, y se aplica en los casos en que esta no se puede cuantificar.
[23] Por ejemplo, sismogramas (para el caso de amenazas sísmicas), mediciones de caudales y precipitaciones (para el caso de inundaciones), mediciones de desplazamientos del terreno (para el caso de procesos gravitacionales), etc.

Ilustración 2-7 Correlaciones entre intervalos de recurrencia, tipos de evidencia y habitualidad.



Fuente: Elaboración propia.

En otro orden de ideas, la susceptibilidad no suele entregar parámetros físicos que describan la distribución de la intensidad de los fenómenos sobre el territorio. Es decir, generalmente no se tiene una descripción detallada de las alturas de inundación, ni de las velocidades de escurrimiento, ni de los volúmenes de masas desplazadas, etc. En cambio, a partir del estudio pormenorizado de la evidencia antes mencionada, es posible reconocer la capacidad que tienen los fenómenos de generar *modificaciones en las morfologías del lugar*.

En la medida en que un fenómeno tiene una mayor capacidad de modificar las morfologías, ya sea de forma permanente o momentánea, tiene una mayor capacidad de generar destrucción sobre el territorio, independiente de que existan, o no, edificaciones de algún tipo.

A continuación, se mencionan algunos ejemplos de posibles modificaciones de las morfologías a partir de amenazas naturales:

- Un deslizamiento podría producir la movilización del material de una ladera, generando un desnivel negativo en la parte alta del deslizamiento, y un depósito en la parte baja, generando ahí un desnivel positivo.
- La crecida de un río podría socavar la base de sus propias terrazas fluviales, y generar la pérdida de superficie utilizable.
- Un anegamiento puede instalar grandes volúmenes de agua, que luego de días o semanas solo dejan una delgada cobertura de limos en la superficie (es decir, la modificación del paisaje también puede ser momentánea).
- El depósito de un lahar podría generar grandes volúmenes de material sobre llanuras.
- Una ruptura superficial de falla puede generar un abrupto desnivel (incluso de algunos metros), en un brevísimo periodo de tiempo (segundos).
- Etc.

En este sentido, conceptualmente la asignación de niveles de amenaza debe tener en consideración el potencial impacto de los fenómenos, aunque sea de manera general y cualitativa, para poder estimar cuál es su capacidad de hacer modificaciones sobre las morfologías del lugar.

A continuación, se presentan criterios generales para asignar niveles de amenaza en el caso de la susceptibilidad. Cabe señalar que, cada amenaza, dependiendo de las particularidades de cada territorio en estudio, tendrá sus propias maneras de cuantificar o calificar sus factores. Los detalles específicos de cada tipo de amenaza se tratan en el Anexo 2.

Los criterios generales para asignar niveles de amenaza según la susceptibilidad son:

***Nivel de amenaza muy alto**:* áreas donde los efectos de la amenaza no se pueden considerar como mitigables, en el sentido de que no es posible desarrollar medidas que permitan subsanar estos efectos hasta un nivel lo suficientemente seguro[24], o bien, las medidas de mitigación podrían afectar a terceros. Son áreas en que los factores que condicionan la ocurrencia de la amenaza hacen que la amenaza sea inminente. En comparación con el resto del territorio, en estas áreas la amenaza es más habitual. En caso de desencadenarse un escenario poco habitual (es decir, comparable a los mayores eventos del registro histórico), estas áreas sufrirían profundas modificaciones en las morfologías del lugar.

Se recomienda que en estas áreas quede contenido el mayor número posible de eventos del inventario, manteniendo, a la vez, el mínimo de superficie sobre el territorio. Es decir, este nivel debe tener los valores más altos de densidad de eventos del inventario, incluso si esta no es calculada.

***Nivel de amenaza alto**:* áreas donde, a pesar de que sí es posible desarrollar medidas que permitan mitigar los efectos de la amenaza hasta un nivel lo suficientemente seguro, sin que dichas medidas afecten a terceros, previamente sus efectos se consideran como críticos o no aceptables. Son áreas donde los factores que condicionan la ocurrencia de la amenaza hacen que esta sea probable, pero no inminente. Aun cuando los eventos más habituales de la amenaza no logran afectar estas áreas, existen registros históricos de eventos que sí las han afectado. En caso de desencadenarse un escenario poco habitual (es decir, comparable a los mayores eventos del registro histórico), estas áreas podrían sufrir modificaciones de consideración en las morfologías del lugar.

***Nivel de amenaza moderado**:* áreas que pueden ser afectadas por la amenaza, pero cuyos efectos se consideran aceptables. Si bien estas áreas no cuentan con registros históricos de eventos que la hayan afectado, los factores que condicionan su ocurrencia hacen que la amenaza sea posible, pero poco probable. En caso de desencadenarse un escenario poco habitual (es decir, comparable a los mayores eventos del registro histórico), estas áreas sufrirían algunos cambios en las morfologías del lugar, de poca consideración.

***Nivel de amenaza poco significativo**:* áreas donde la amenaza es lo suficientemente poco probable y/o lo suficientemente poco intensa como para asumir que no es esperable su ocurrencia sobre el territorio. En un peor escenario, estas áreas sufrirían alteraciones menores o despreciables en la geomorfología del lugar.

[24] Es decir, el riesgo residual, a pesar de las medidas implementadas, no logra ser admisible.

Caso 3: Aplicación de más de un criterio.

Existen algunas situaciones en que las condiciones locales hacen necesario aplicar más de una metodología para obtener resultados de susceptibilidad y/o peligrosidad. En este caso, para asignar niveles de amenaza, se deberán aplicar distintos criterios, respetando los siguientes requerimientos:

- Justificar por qué razones no es posible (o conveniente) analizar la amenaza con una única metodología.
- Justificar las razones por las cuales se decide aplicar cada una de las metodologías.
- Establecer criterios objetivos para definir dónde se deben aplicar cada una de las metodologías.
- Procurar que los niveles de amenaza resultantes de las distintas metodologías sean homologables entre sí, en el sentido de que no generen inconsistencias de continuidad.

En particular, es posible que el uso complementario de la peligrosidad y la susceptibilidad sea la forma más adecuada de asignación de niveles de amenaza. Un ejemplo de esta situación es el caso en que existen cauces de diferente jerarquía, donde se analiza la inundación por desborde de cauces mediante la peligrosidad (en los cauces más importantes) y mediante la susceptibilidad (en los menores).

Caso 4: Se requiere la aplicación de criterios especiales.

En algunos casos, existen zonas con condiciones singulares que hacen que la aplicación de los mismos criterios estandarizados que se utilizan en el resto del área resulte inadecuada para definir niveles de amenaza. Estas zonas suelen ser espacialmente muy acotadas.

Un ejemplo de esta situación ocurre en los abanicos aluviales altamente activos, que se encuentran con un grado importante de consolidación urbana. En este ejemplo, existe incertidumbre respecto de los sectores que se podrían ver afectados por los flujos del cauce principal. Dado que los rasgos morfológicos se encuentran borrados por la urbanización, las metodologías basadas en susceptibilidad podrían no ser adecuadas; por su parte, los resultados de peligrosidad podrían tener dificultades para representar las complejidades en la interacción entre el flujo y las edificaciones. Por lo tanto, se requieren otro tipo de criterios, acotados a lugares específicos, que logren generar una zonificación consistente, segura y eficaz.

Este tipo de criterios se debe aplicar excepcionalmente y en áreas lo más reducidas que sea posible, justificando en detalle la necesidad de utilizarlos y siguiendo los requerimientos expuestos en el Caso 3, para evitar la discrecionalidad.

A su vez, es altamente recomendable que la definición de estos criterios sea transmitida (e idealmente revisada de manera oportuna) por los OTMA. Esto en miras de que, de acuerdo con la Ley 21.364, serán estas mismas instituciones las que luego deberán validar los mapas de amenaza, según lo establezca el reglamento de la Ley.

- Mapa de amenaza

Finalmente, se debe construir un mapa para cada amenaza, según los criterios definidos en la etapa de asignación de niveles de amenaza. Este corresponde al producto final de la

amenaza y debe cumplir con lo mandatado en el artículo 35 de la Ley 21.364, y su reglamento respectivo.

Debido a que los mapas de amenaza corresponden a representaciones gráficas de las amenazas presentes en el territorio estudiado, deben considerar las formalidades cartográficas necesarias para acompañar el proceso de planificación y permitir una adecuada lectura. Por ejemplo, los mapas deben poseer una leyenda que permita reconocer los niveles de amenaza representados en el mismo y los elementos principales del territorio, debe tener una escala gráfica y una numérica, señalar la proyección cartográfica en que encuentra, un norte, una grilla con las coordenadas, identificar el autor y fecha, entre otros elementos que se acordarán con la contraparte técnica del estudio.

Cabe mencionar que, en caso de ser acordado, en un mismo mapa de amenaza se puede representar más de una amenaza específica, toda vez que no dificulte la comprensión de los resultados. Por ejemplo, un mismo mapa podría contener la amenaza de inundación por tsunami y la amenaza de procesos de ladera, ya que sus polígonos no se interceptan, o bien, sus zonas de intersección son puntuales.

- Informe técnico

Los mapas de amenaza deben estar fundamentados en el **informe técnico**, donde se especifiquen detalladamente todas las consideraciones técnicas de la metodología empleada, así como los objetivos, supuestos, alcances y limitaciones del estudio. Si bien el orden en que se presenta la información podría variar entre estudios, se recomienda en términos generales hacer una línea de base, y luego inventario, diagnóstico y zonificación por cada amenaza.

En términos específicos, el informe técnico deberá especificar a lo menos lo siguiente:

- Ubicación del territorio sujeto a planificación, junto con otros sectores que se hayan debido analizar, por constituir las zonas de generación para las amenazas estudiadas.
- Lista de las fuentes de información consultadas para estudiar cada una de las amenazas.
- Caracterización, mediante una línea de base, de las variables relevantes para cada una de las amenazas en el área estudiada.
- Inventario de los eventos de cada una de las amenazas evaluadas que hayan afectado al territorio o que, aun estando fuera de él, sean relevantes para su estudio.
- Diagnóstico de cada una de las amenazas, que sistematice la información necesaria para la posterior zonificación de la amenaza.
- Descripción de las metodologías utilizadas para la zonificación de cada amenaza y de los criterios que soportan la asignación de los niveles de amenazas.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Bibliografía.

El informe deberá escribirse en un lenguaje simple, para que pueda ser comprendido por personas que no sean expertas en las materias tratadas y deberá contar con figuras y tablas que ayuden a soportar su contenido.

iv) Definición del cálculo de la exposición del sistema urbano territorial

Por exposición se entenderá a la magnitud y características de las actividades, usos o edificaciones reguladas por el IPT, que están en la zona de amenaza (considerando esta amenaza con alguna susceptibilidad según estimación de su distribución espacial o probabilidad de ocurrencia según peligrosidad). Es así, que el área definida por la amenaza se sobrepone espacialmente tanto a la situación base como a las alternativas y anteproyecto del plan, de manera de localizar y cuantificar las personas, actividades, instalaciones o edificaciones expuestas a la amenaza.

Las variables que se consideran en las zonas expuestas (aunque también podrían ser consideradas en todo el territorio de planificación, como una dimensión más de diagnóstico) tienen relación con variables levantadas en la fase de diagnóstico de los distintos sistemas (catastro urbano del PRC), que permitan sustentar el cálculo de los indicadores de vulnerabilidad que se presentan más adelante.

Lo importante es la escala de resolución de dicha información la que debe ser consistente con la zonificación de amenazas. Es por esto que se propone preferentemente una escala de consideración a manzana.

Las variables (entre otras) a cuantificar en términos espaciales, tienen relación con:

Cuadro 2-3: Variables catastro base para cuantificar la exposición

Categoría	Variables
• **Población, hogares y viviendas**:	- Población por edad - Población migrante y/o por grupos de pueblos indígenas - Personas con necesidades especiales - Viviendas según materialidad de construcción - Viviendas según estado de conservación - Viviendas por habitaciones exclusivas de dormitorios - Hogares por niveles socioeconómicos o nivel de pobreza - Hogares por nivel de educación del jefe de hogar - Permisos de edificación - Organizaciones sociales
• **Bienes Raíces**:	- Superficie construida por destino - Materialidad y calidad de la edificación - Año de construcción - Tamaño predial
• **Equipamientos:**	- Equipamientos por tipo (salud, educación, seguridad, etc) - Capacidad de atención de público de equipamientos - Áreas verdes
• **Áreas de Concesión de las Empresas Sanitarias**:	- Área de concesión - Red de agua potable o sistemas de abastecimiento rural (APR) - Red de alcantarillado, plantas de tratamiento - Red de aguas lluvias - Cartera de proyectos de mejoramiento o expansión

Categoría	Variables
• **Recursos de valor natural:**	- Humedales - Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) - Áreas de protección de la Biodiversidad - Parques y Reservas Marinas - Santuarios de la Naturaleza - Monumentos Naturales
• **Recursos de valor patrimonial y cultural.**	- Monumentos históricos - Monumentos Arqueológicos - Zonas Típicas - Sitios Arqueológicos
• **Pueblos Indígenas**	- Comunidades indígenas - Tierras indígenas - Sitios ceremoniales
• **Movilidad:**	- Redes de transporte público - Jerarquía vial - Red no motorizada (ciclo vías, peatonales) - Flujos vehiculares y peatonales - Terminales, paraderos, estaciones - Cartera de proyectos de transporte y movilidad
• **Infraestructura energética**	- Infraestructura de generación eléctrica - Redes de distribución, subestaciones eléctricas - Planes de expansión de transmisión, generación eléctrica - Redes y estaciones de combustible

Fuente: Elaboración propia.

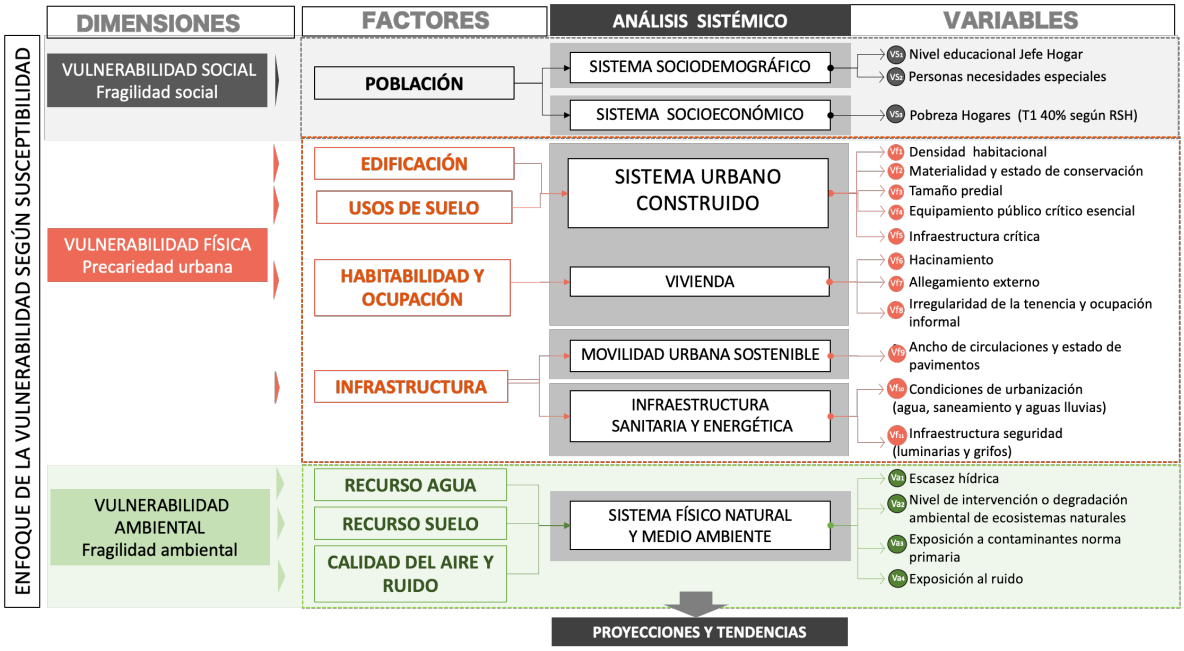
Como se dijo, estas variables (como son parte del catastro urbano del PRC) se cuantificarán tanto para la situación base, como para las alternativas y anteproyecto definitivo del plan. Dicha cuantificación simple de variables, corresponde al cálculo de exposición.

La información anterior se debe estructurar en una tabla síntesis que muestra las magnitudes totales, las expuesta, y los porcentajes que estas significan.

v) Análisis de la vulnerabilidad

El análisis considera seleccionar las variables para el cálculo de indicadores y la consecuente determinación de los niveles de vulnerabilidad. Dichas variables anidadas en cada dimensión/ factor, darán cuenta de las condiciones urbano- territoriales para enfrentar una amenaza, las cuales son en la dimensión social, factor población y variables que dan cuenta de las condiciones socioeconómicas de los hogares, equivalentes al nivel de educación del jefe de hogar, como personas con necesidades especiales según discapacidad. En la dimensión física se precisan las variables para los factores de las condiciones de edificación, usos de suelo, habitabilidad y ocupación e infraestructura y en la dimensión ambiental las variables asociadas a los factores de recurso agua, suelo, calidad del aire y ruido. La relación con los contenidos del análisis sistémico de la vulnerabilidad desde el enfoque de la susceptibilidad, para el desarrollo del diagnóstico se indica en la siguiente ilustración:

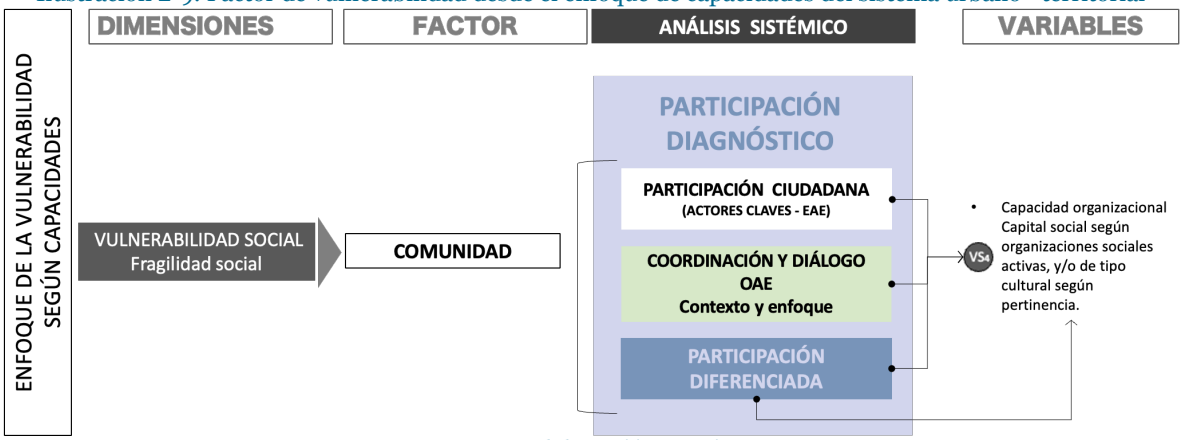
Ilustración 2-8: Dimensiones – Factores y variables de Vulnerabilidad desde el enfoque de susceptibilidad de las condiciones urbano - territoriales



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el factor de vulnerabilidad que dará cuenta de las capacidades locales para enfrentar una amenaza es la comunidad correspondiente a la dimensión social, relevando las variables de capacidad organizativa en relación al reconocimiento de organizaciones sociales activas, con capacidad de gestión y desarrollo de iniciativas, como capacidad de respuesta según el nivel de preparación para actuar frente a una emergencia lo cual es un mandato en la elaboración de los planes de emergencia ante la promulgación de la Ley 21.364. Se suma según el contexto y en casos que corresponda, la recomendación de agregar el capital cultural de comunidades indígenas que habiten el territorio, y el nivel de dominio, conocimiento y patrones culturales identitarios que se asocian a capacidades para enfrentar fenómenos de peligros o amenazas. Dicho factor comunidad con sus variables señalados son resultado del procedimiento participativo que contempla el diseño del IPT. Ello según se puede visualizar en la siguiente ilustración.

Ilustración 2-9: Factor de vulnerabilidad desde el enfoque de capacidades del sistema urbano - territorial



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, integrando ambos enfoques susceptibilidad y capacidades, se obtiene una matriz base de 3 dimensiones, 9 factores y 19 variables como base para el análisis de la vulnerabilidad, el que se realizará mediante la aplicación de modelos multicriterio de superposición cartográfica a través de las coberturas temáticas por variables. Se detalla a continuación la sistematización y representación de las variables por unidad de análisis y luego el método multicriterio para determinar los niveles de vulnerabilidad como resultado del diagnóstico, esto dando cuenta del escenario base de planificación.

- Descriptores de las variables para el análisis de vulnerabilidad

Dimensión social:

(1) Nivel educacional del jefe de hogar: Esta variable se refiere al nivel educativo alcanzado por el o la jefe/a de hogar y se utiliza para evaluar la vulnerabilidad social y económica de un hogar, en la medida que el nivel educativo puede influir en el acceso a empleo, ingresos y oportunidades educativas para los miembros del hogar. Esta variable es utilizada frecuentemente por políticas públicas de los sectores de educación, empleo, protección social y vivienda, como un factor determinante para identificar a los hogares en situación de vulnerabilidad. La principal fuente de información es el Censo.

(2) Personas con necesidades especiales: Esta variable se refiere a las personas que tienen discapacidades físicas, mentales o sensoriales, que pueden enfrentar desafíos adicionales en situaciones de riesgo debido a la falta de accesibilidad, la dependencia de servicios de apoyo y la necesidad de atención especializada. La incorporación de esta variable va en concordancia con las políticas de inclusión y atención de grupos prioritarios. Esta variable se obtiene de la Encuesta Nacional de Discapacidad y a futuro estará disponible en el Censo de Población y Vivienda.

(3) Pobreza de los hogares: Esta variable se refiere al nivel de pobreza experimentado por un hogar y que puede aumentar su vulnerabilidad frente a ciertas amenazas, en la medida que los recursos limitados dificultan la capacidad de preparación, respuesta y recuperación. Con esta variable es posible determinar qué grupos o áreas son más susceptibles frente a las amenazas. Se obtiene con información del ingreso familiar, acceso a servicios y otras variables de pobreza multidimensional de la encuesta CASEN, el Registro Social de Hogares y/o la determinación de grupo socioeconómico.

(4) Capacidad organizacional: Desde un enfoque de capacidades para enfrentar las amenazas, esta variable considera la existencia organizaciones comunitarias vigentes y activas, con capacidad para movilizar recursos y responder a situaciones de emergencia, lo que puede ayudar a reducir la vulnerabilidad de una comunidad ante amenazas. La fuente de información de esta variable se encuentra en los municipios y el en proceso participativo de diagnóstico.

Dimensión Física:

(5) Densidad habitacional: Esta variable se refiere a la cantidad de personas que viven en un área específica. Una alta densidad habitacional puede aumentar la vulnerabilidad ya que puede implicar una mayor concentración de personas y viviendas expuestas a amenazas, lo que se puede reflejar en limitaciones de espacio público, presión sobre servicios e interdependencia entre las personas y edificaciones. Las fuentes de información se encuentran en el Censo, encuesta CASEN y Data social del Ministerio de Desarrollo Social.

(6) Materialidad y estado de conservación de las construcciones: Estas variables se refieren al tipo de materiales utilizados en la construcción de viviendas y al estado de mantenimiento y conservación de las mismas. Las construcciones con materiales ligeros o en condición de deterioro pueden ser más susceptibles a los daños causados por los desastres naturales o antrópicos. Existe experiencia internacional que incorpora esta variable en metodologías para enfrentar el riesgo (PREDES, Perú "Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos en edificaciones de centros urbanos). Las fuentes de información para esta variable se encuentran en el SII y en el Censo.

(7) Tamaño predial: Esta variable se refiere al tamaño o extensión de un terreno o propiedad. Un tamaño predial reducido puede hacer más susceptible a los hogares frente a una amenaza y limitar su capacidad para implementar medidas de mitigación o para recuperarse después de un desastre. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del análisis del medio construido.

(8) Equipamiento público crítico esencial: Esta variable se refiere a la presencia y calidad del equipamiento público esencial en un área determinada, tales como: hospitales, escuelas, estaciones de bomberos y centros comunitarios. La falta de acceso a equipamiento público crítico puede aumentar la vulnerabilidad ante los desastres, ya que puede dificultar la respuesta y recuperación. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del análisis del medio construido.

(9) Infraestructura crítica: Esta variable se refiere a instalaciones estratégicas para el funcionamiento de un sistema urbano, como plantas para el suministro de agua potable y energía; puentes, puertos, muelles u otros. La falta de infraestructura crítica o su deterioro puede aumentar la vulnerabilidad de la población frente a amenazas, dificultando su capacidad de respuesta y recuperación. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del análisis del medio construido.

(10) Hacinamiento: La variable hacinamiento es una medida de la densidad de población en una vivienda y se define como la razón entre el número de personas residentes en la vivienda y el número de dormitorios de la misma. El hacinamiento puede aumentar la vulnerabilidad frente a amenazas, en la medida que puede dificultar la capacidad de respuesta y recuperación. La fuente de información para la variable hacinamiento se encuentra en la encuesta Casen y el Censo.

(11) Allegamiento externo: El allegamiento externo se refiere a dos o más hogares que comparten el sitio o la vivienda, manteniendo presupuestos de alimentación separados. La falta de espacio y recursos puede hacer más susceptible a los hogares frente a una amenaza y limitar su capacidad para responder y recuperarse. La fuente de información para la variable allegamiento externo se encuentra en la encuesta Casen y el Censo.

(12) Irregularidad de la tenencia y ocupación informal: Estas variables se refieren a los asentamientos precarios o campamentos y a loteos irregulares en áreas no designadas para vivienda. La irregularidad de la tenencia y la ocupación informal pueden aumentar la vulnerabilidad ante amenazas, ya que pueden estar localizados en zonas expuestas a amenazas y sin acceso a servicios básicos, lo que hace más susceptible a los hogares frente a amenazas, dificultando su capacidad de respuesta y recuperación. La fuente de información de esta variable se encuentra en el Municipio y en Catastro de Asentamientos Precarios de SERVIU.

(13) Ancho de circulaciones y estado de los pavimentos: Estas variables se refieren al ancho y estado de las calles y carreteras en un área determinada. Un ancho insuficiente o fuera de norma, o el mal estado de los pavimentos pueden dificultar la capacidad de la población para responder de manera segura frente a una amenaza y limitar su acceso a servicios de emergencia. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del catastro urbano.

(14) Condiciones de urbanización (agua, alcantarillado, aguas lluvia): Esta variable se refiere al acceso y calidad de los servicios básicos relacionados con el agua potable, alcantarillado y colectores de agua lluvia. Las condiciones deficientes en estos aspectos pueden aumentar la vulnerabilidad de los hogares ante una amenaza, limitando sus capacidades de respuesta y recuperación, así como generar problemas de salud pública. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del catastro urbano.

(15) Infraestructura de seguridad (luminarias y grifos): Esta variable se refiere a la presencia y calidad del equipamiento relacionado con la seguridad pública en un área determinada, como luminarias (iluminación pública) y grifos (sistemas contra incendios). La falta de infraestructura adecuada para garantizar la seguridad puede aumentar la vulnerabilidad de los hogares ante una amenaza, limitando sus capacidades de respuesta y recuperación. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información es parte del catastro urbano.

Dimensión Ambiental:

(16) Escasez hídrica: Esta variable se refiere a la falta de disponibilidad de agua en una determinada área geográfica. La escasez hídrica puede ser causada por factores naturales, como la falta de precipitaciones, o por factores humanos, como el uso excesivo o inadecuado del agua. Esta variable afecta el acceso a servicios básicos y al abastecimiento de agua segura, exponiendo a la población a problemas de salud pública y limitando su capacidad de respuesta y recuperación frente a amenazas. Las zonas con escasez hídrica son determinadas vía decreto por la Dirección General de Aguas del MOP.

(17) Nivel de intervención o degradación ambiental de ecosistemas (suelo): Se refiere a la alteración o deterioro de los ecosistemas naturales, incluido el suelo. La contaminación del suelo puede ser causada por distintos elementos como presencia de micro basurales, residuos industriales, prácticas agrícolas inadecuadas, sustancias químicas tóxicas u otras, afectando la disponibilidad de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad y capacidad de recuperación de los ecosistemas frente a amenazas, generando con ello, impactos negativos en la salud de las personas. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información puede ser levantada en carpeta de antecedentes del Municipio.

(18) Exposición a contaminantes norma primaria (aire): Se refiere a la presencia de sustancias químicas o partículas en el aire que superan los límites establecidos por las normas ambientales. La exposición a contaminantes del aire puede tener efectos negativos en la salud humana y aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, limitando la capacidad de las personas para enfrentar amenazas. En el marco del proceso de diagnóstico de un IPT esta información puede ser levantada en carpeta de antecedentes del Municipio, INE SINCA y MMA.

(19) Exposición al ruido: Se refiere a la presencia de niveles de ruido excesivos en el entorno que pueden afectar la salud y el bienestar de las personas. La fuente de información

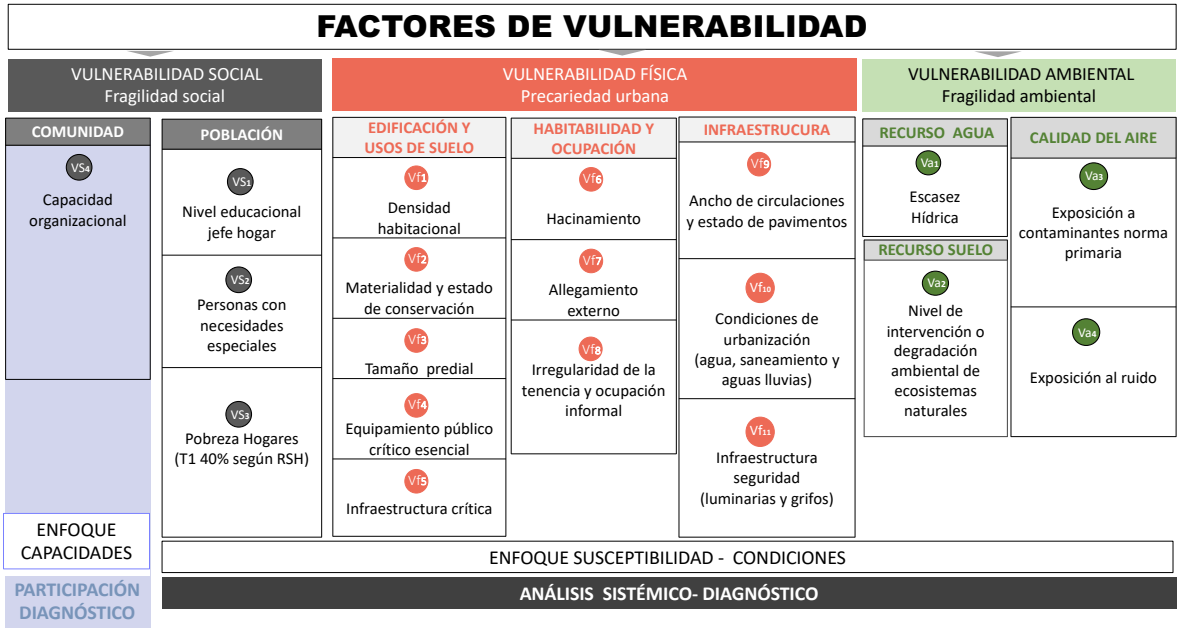
para esta variable relacionada con fuentes fijas o móviles se encuentra en proceso de elaboración por parte del MMA (Norma primaria de calidad ambiental para ruido).

- Sistematización de las variables para el análisis de vulnerabilidad

En esta fase de diagnóstico, se deberán calcular las variables con su unidad de análisis correspondiente, siendo la más desagregada el nivel de manzana, para cada factor de vulnerabilidad para el sistema urbano territorial, considerando las dimensiones social, física y ambiental, para obtener como resultado del plano síntesis de vulnerabilidad urbana – territorial simbolizado según niveles a fin de identificar los sectores con muy alto o alto niveles de vulnerabilidad, así como los moderados a bajos, lo que permitirá estimar los niveles del riesgo del área sujeta a planificación, en la presente fase.

Conforme a los criterios expuestos para definir niveles de vulnerabilidad, se indican en el siguiente cuadro los indicadores mínimos recomendables en las diferentes escalas de la planificación para cada dimensión de la vulnerabilidad:

Cuadro 2-4: Dimensiones, Factores y variables para el cálculo de los niveles de la vulnerabilidad en caso de PRC



Fuente: Elaboración propia.

Las diferentes variables propuestas que se desprenden del análisis sistémico del diagnóstico para el análisis de vulnerabilidad se evalúan, y permiten determinar los niveles de susceptibilidad de cada dimensión: social, física y ambiental, según los parámetros que se indican en los siguientes cuadros:

Cuadro 2-5 : Cálculo de los niveles de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Social

			Nivel de vulnerabilidad				
	Factor	Variable	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Fuente
VULNERABILIDAD SOCIAL	POBLACION	VS1.- Nivel educacional jefe de hogar	Enseñanza básica incompleta o sin nivel de estudios	Enseñanza media incompleta	Enseñanza media completa y Técnico	Enseñanza universitaria	INE - MINEDUC
		VS2.- Personas con necesidades especiales	> 12,9% Promedio Nacional	> 10% y < 12,9% Promedio Nacional	<Promedio Nacional y > Promedio Regional	< Promedio Regional	INE
		VS3.- Pobreza Hogares (T1 40% según RSH)	(Tramo 1) 0- 20%	(Tramo 1) 20- 40%	(Tramo 2, 3, 4) 41% - 70%	(Tramo 5,6,7) 70% - 100%	MDSy F RSH
	COMUNIDAD	VS4.- Capacidad organizacional	Sin organizaciones vigentes y activas	Organizaciones vigentes no activas	Organizaciones vigentes y activas	Organizaciones vigentes y activas con capacitación de autogestión de iniciativas de desarrollo local	Diagnóstico Participativo

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2-6: Cálculo de los niveles de susceptibilidad de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Física

				Nivel de vulnerabilidad				
	Factor	Variable		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Fuente
VULNERABILIDAD FISICA	EDIFICACIÓN Y USOS DE SUELO	Vf1.- Densidad Habitacional		> 150 viv/ ha	150 a 75 viv/ ha	75 a 30 viv/ ha	<30 viv/ha	Estudio IPT
		Vf2.- Materialidad y Estado de conservación		Irrecuperable, en adobe madera o desechos	Irrecuperable en albañilería, hormigón y acero. Recuperable en adobe madera o desechos	Recuperable en albañilería, hormigón y acero.	Aceptable con todas las materiales	SII
		Vf3.- Tamaño predial		< 200 m2	200 - 400 m2	400 - 800 m2	> 800 m2	Análisis medio construido
		Vf4.- Equipamiento Público crítico esencial		Capacidad de carga > 500 personas	Capacidad de carga entre 300 - 500	Capacidad de carga entre 100 - 300	Capacidad de carga < 100	Calculo de capacidad de carga
		Vf5.- Infraestructura crítica correspondientes a Instalaciones estratégicas		Muy alta exposición	Alta exposición	Media exposición	Baja exposición	Análisis medio construido
	HABITABILIDAD Y OCUPACIÓN	Vf6.- Hacinamiento		> 3,5 personas/ dormitorio	3,0 a 3,4 per / dormitorio	2,5 a 2,9 per / dorm	< 2,4 per / dorm	CASEN
		Vf7.- Allegamiento externo		Con allegamiento + 2 hogar	con allegamiento 1 hogar	Con allegamiento hogar unipersonal	sin allegamiento	CASEN
		Vf8.- Irregularidad de la tenencia y ocupación informal		Presencia campamento o asentamiento informal	Sesiones de derecho de uso de ocupaciones irregular con efectos en la sostenibilidad de la ocupación	Sesiones de derecho de uso de ocupaciones irregular en áreas con aptitud urbanizables	Sin irregularidad en la tenencia	MINVU
								MUNICIPIO
	INFRAESTRUCTURA	Vf9.- Ancho de circulaciones (fajas) y estado de pavimentos		< 6m y/o tierra – ripio	6 a 8m y/o tierra - ripio	8m y/o tierra - ripio	> 8 m con calzada pavimentada	Catastro urbano PRC
		Vf10.- Condiciones de urbanización (agua, saneamiento y aguas lluvias)		sin cobertura 2 o más servicios	sin cobertura 1 servicio (agua o saneamiento)	sin cobertura 1 servicio aguas lluvias	Cobertura total de servicios	Catastro urbano PRC
		Vf11.- Infraestructura seguridad	Luminarias	> 50 m	50 – 20 m	20- 10 m	0-10 m	Catastro urbano PRC
			Grifos	> 120 m	120 - 90 m	90 – 60 m	0- 60 m	Catastro urbano PRC

Fuente: Elaboración propia.

Nota; Para la variable Vf4 Equipamiento Público crítico esencial, tomar como referencia la "Guía Metodológica para la elaboración de los Estudios de Movilidad Urbana y de Equipamiento Comunal para Planes Reguladores", la que prontamente será publicada. Específicamente lo que se presenta en el punto 3 (Guía metodológica estudios técnicos), sub punto 3.1 (Estructura lógica de contenidos del estudio de movilidad urbana y capacidad vial), en las tareas EE_D4 y EE_AA4, denominadas "Evaluación de exposición a amenazas naturales de equipamientos críticos". Para la variable Vf9, ver punto 4.2. de esta guía, que contiene recomendaciones para la evacuación. Esta variable se relaciona con la "estructura de evacuación" que incluye los "corredores de evacuación (circulaciones) y las "zonas de seguridad" Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2-7: Cálculo de los niveles de susceptibilidad de la Vulnerabilidad urbana – Dimensión Ambiental

			Nivel de vulnerabilidad				
	Factor	Variable	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Fuente
V. AMBIENTAL	RECURSO AGUA	Va1.- Escasez Hídrica	Zona decretada de escasez hídrica vigente mas de un año	Zona decretada de escasez hídrica vigente menos de un año	Zona sin decreto de escasez hídrica, con diagnóstico y/o alertas de escasez hídrica.	Zonas sin escasez hídrica.	DGA Decretos vigentes
	RECURSO SUELO	Va2.- Nivel de intervención o degradación ambiental de ecosistemas naturales	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos con degradación ambiental	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos con actividades humanas o degradados ambientalmente	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos sin degradación ambiental y con planes de manejo.	Sectores con ecosistemas naturales sin intervención y con planes de manejo y conservación.	MUNICIPALIDAD
	CALIDAD DEL AIRE	Va3.- Exposición a contaminantes norma primaria	No cumple con norma primaria de calidad ambiental y no cuenta con Plan de Descontaminación o no cuenta con información sobre exposición.	No cumple con norma primaria de calidad ambiental y cuenta con Plan de Descontaminación, corresponde a zona saturada.	Cuenta con Plan de Prevención por considerarse una zona latente.	Cumple con norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino MP 2,5 y MP 10	SIEDU, INE SINCA, MMA PPDA, MMA
		Va4.- Exposición al ruido	> 80 db	55 dB a 80 dB	35 dB a 55 dB	<35 dB	Norma primaria de calidad ambiental para Ruido en elaboración.

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a dichos indicadores y los ponderadores de importancia relativa que se le otorga a cada uno de ellos según cada contexto institucional y territorial del proceso de planificación, se obtiene mediante una metodología de análisis multicriterio un plano síntesis de los niveles de vulnerabilidad, lo que se explica a continuación.

- Adaptación del cálculo de la susceptibilidad de la vulnerabilidad en sistemas urbanos menores

A modo de nota metodológica y en concordancia con el principio de accesibilidad de la información para realizar el cálculo de los niveles de vulnerabilidad, se considera para el caso de sistemas urbanos menores la alternativa de seleccionar un mínimo de 8 variables, de 5 factores de las 3 dimensiones, tal como se expone en el siguiente cuadro:

Cuadro 2-8: variables de base por dimensión para el análisis de vulnerabilidad:

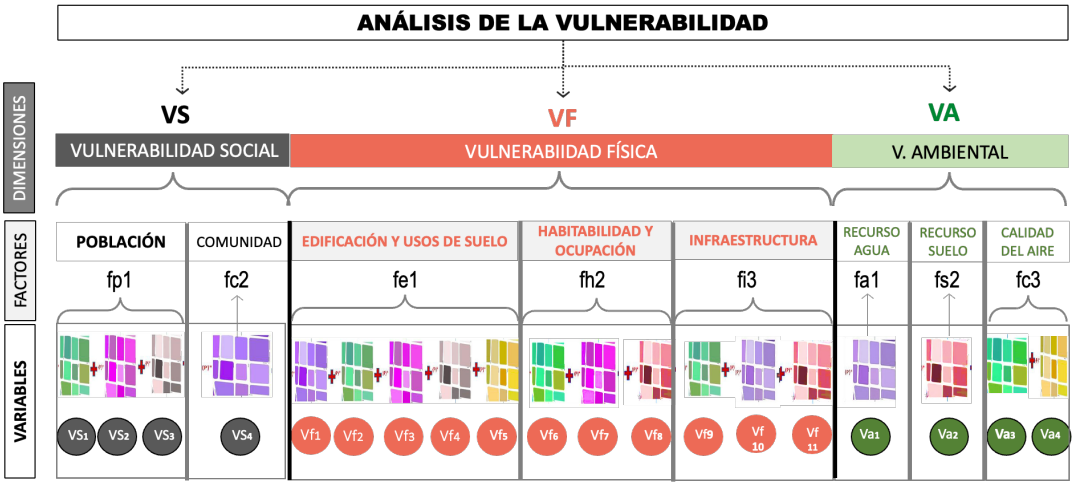
DIMENSION	FACTOR	VARIABLES MINIMAS
SOCIAL	Población	VS1 Nivel Educacional del Jefe de Hogar
		VS3 Pobreza hogares o Grupos Socioeconómicos
FISICA	Edificación y usos del suelo	VF2 Materialidad y estado conservación edificaciones
		VF4 Equipamiento público crítico esencial
	Habitabilidad y ocupación	VF6 Hacinamiento
	Infraestructura	VF9 Ancho de circulaciones y estado de pavimentos
		VF10 Condiciones de urbanización (agua, alcantarillado, aguas lluvia)
AMBIENTAL	Recurso suelo	VA2 Nivel de intervención o degradación ambiental de ecosistemas naturales

Fuente: Elaboración propia.

- Método multicriterio – análisis de vulnerabilidad

Para la simbolización de las coberturas de las diferentes variables se indican parámetros de clasificación o rangos de categorización de referencia, donde los ponderadores de cada factor y dimensión se determinan en forma específica para cada proceso de planificación en particular, con los insumos de mesas de trabajo, reuniones técnicas de consulta a expertos, actores sociales, o según los objetivo o prioridades ambientales y de sustentabilidad declarados por el órgano responsable del plan. Lo importante es que los pesos o ponderadores de importancia relativa son asignados solo para cada dimensión y factor para obtener como resultado del mapa vulnerabilidad urbana – territorial base, aportando un sustento técnico como insumo al análisis de los niveles de riesgo y por ende de fundamentación al desarrollo del proceso de planificación. En consecuencia, se establece como procedimiento mínimo que el análisis a nivel de superposición de variables al interior de cada factor se suma, por lo que no se ponderan. Esto significa que la representación temática cartográfica se integraría en forma equivalente. No obstante, en cada contexto dependiendo de los recursos disponibles, complejidad del sistema urbano, o relevancia del riesgo en el territorio se podrá desarrollar el análisis de ponderar variables, así como a nivel de factores y dimensiones para arribar a resultados con mayor precisión de mapa de vulnerabilidad urbana – territorial. A continuación de presentan los tres niveles para el análisis de la vulnerabilidad; el nivel final de dimensiones y el nivel de factores que se ponderan y el nivel base de variables que se suman.

Ilustración 2-10: Análisis de vulnerabilidad y el método multicriterio de dimensiones/ factores / variables



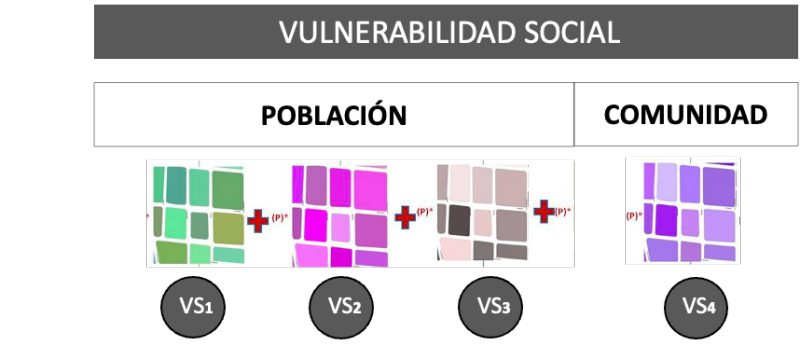
Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, los niveles de vulnerabilidad se obtienen según la siguiente secuencia de cálculo, primero por dimensión. Así para la vulnerabilidad social, se elaboran 5 planos temáticos simbolizados en niveles de muy alto a bajo, 2 para el factor de comunidad que dará cuenta de las capacidades, y 3 referente al factor de población que vienen del análisis sistémico tanto del medio sociodemográfico como socioeconómico. El resultado es una suma ponderada, cuyos ponderadores de importancia relativa se asignan en el contexto del desarrollo de cada proceso de planificación mediante un criterio técnico. Dicho criterio se sustenta en los antecedentes del análisis sistémico y su diagnóstico integrado.

Cabe tener presente como criterio metodológico, según el contexto y enfoque del procedimiento de la EAE, que en el caso que se identifiquen y prioricen riesgos climáticos

en la fase de contexto y enfoque[25] y que por lo tanto sea pertinente incorporar temáticas de adaptación, se asigne más peso a aquellas variables que se asocien a la reducción de la vulnerabilidad de la población por el consecuente riesgo climático priorizado. En razón de ello, se recomendaría según criterio técnico discriminar según mayor importancia relativa las dimensiones y luego los factores, según se indica en la ecuación de pie de ilustración. Por ejemplo, dar mayor peso a la vulnerabilidad social factor población, cuando se trate de comunas segregadas por concentración de pobreza, según calificación socioeconómica muy alto en el tramo 1. En consecuencia, se obtendría una cobertura síntesis de Vulnerabilidad Social, a partir de los 2 factores y 4 variables que se indican en la siguiente ilustración.

Ilustración 2-11: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Social



Variable	Nivel educacional jefe de hogar	Personas necesidades Especiales	Pobreza Hogares (T1 40% según RSH)	Capacidad organizacional
Muy Alto	Enseñanza básica incompleta o sin nivel de estudios	> 12,9% Promedio Nacional	(Tramo 1) 0- 20%	Sin organizaciones vigentes y activas
Alto	Enseñanza media incompleta	> 10% y < 12,9% Promedio Nacional	(Tramo 1) 20- 40%	Organizaciones vigentes no activas
Medio	Enseñanza media completa y Técnico	< Promedio Nacional y > Promedio Regional	(Tramo 2, 3, 4) 41% - 70%	Organizaciones vigentes y activas
Bajo	Enseñanza universitaria	< Promedio Regional	(Tramo 5,6,7) 70% - 100%	Organizaciones vigentes y activas con capacitación de autogestión de iniciativas de desarrollo local

$$f(VS)= \psi fp1\ (VS_1 + VS_2 + VS_3\ ) + \psi fc2\ (VS_4)$$

ψ: Ponderador de importancia relativa
Ψfp1: Ponderador de importancia relativa factor población
Ψfc2 : Ponderador de importancia relativa factor comunidad
VS: Vulnerabilidad Social

Fuente: Basado en SUBDERE. Análisis y evaluación de Riesgos Naturales, 2011.

De la misma manera se categorizan en intervalos de valor de niveles muy alto a bajo cada una de las 11 variables que se encuentran anidados en los 3 factores de la dimensión física

[25] Ver "Guía de Evaluación Ambiental Estratégica para incorporar el cambio climático en los Instrumentos de Ordenamiento y Planificación Territorial", Resolución Núm. 12 exenta 05.01.2023 y publicado en el D.O. 23.06.2023.

para el cálculo de la vulnerabilidad. Así también, los ponderadores de importancia relativa se asignan a nivel de factores sintetizados en edificación y usos de suelo, habitabilidad y ocupación e infraestructura. Así también según criterio técnico de experto se recomendaría ponderar los factores según su importancia relativa acorde al sistema urbano territorial sujeto a planificación. Un ejemplo de ello, seria ponderar una mayor importancia en el factor edificación en comunas donde enfrenten niveles muy alto de edificaciones en estado de conservación irrecuperable. En consecuencia, se obtendría una cobertura síntesis de vulnerabilidad física, a partir de los 3 factores y 10 variables mencionados, según se indica en la siguiente ilustración.

Ilustración 2-12: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Física



	Densidad Habitacional	Materialidad y estado de conservación	Tamaño predial	Equipamiento Público crítico esencial	Infraestructura crítica instalaciones estratégicas	Hacinamiento	Allegamiento externo	Irregularidad de la tenencia	Ancho de circulaciones (fajas) y estado de pavimentos	Condiciones de urbanización (agua, saneamiento y aguas lluvias)	Infraestructura seguridad	
											Luminarias	Grifos
Muy Alto	< 150 viv/ ha	Irrecuperable, en adobe madera o desechos	< 200 m2	Capacidad > 500 personas	Muy alta exposición	> 3,5 personas/ dormitorio	Con allegamiento + 2 hogar	Presencia campamento o asentamiento informal	> 6m y/o tierra – ripio	sin cobertura 2 o más servicios	> 50 m	> 120 m
Alto	150 a 75 viv/ ha	Irrecuperable en albañilería, hormigón y acero. Recuperable en adobe madera o desechos	200 > 400 m2	300 > 500	Alta exposición	3,0 a 3,4 per / dormitorio	con allegamiento 1 hogar	Sesiones de derecho de uso de ocupaciones irregular con efectos en la sostenibilidad de la ocupación	6 a 8m y/o tierra - ripio	sin cobertura 1 servicio (agua o saneamiento)	50 - 20 m	120 – 90 m
Medio	75 a 30 viv/ ha	Recuperable en albañilería, hormigón y acero.	400 > 800 m2	100 > 300 / Media exposición	Media exposición	2,5 a 2,9 per / dorm	Con allegamiento hogar unipersonal	Sesiones de derecho de uso de ocupaciones irregular en áreas con aptitud urbanizables	8m y/o tierra - ripio	sin cobertura 1 servicio aguas lluvias	20 - 10 m	90 – 60 m
Bajo	>30 viv/ha	Aceptable con todas las materiales	> 800 m2	< 100 / Baja exposición	Baja exposición	< 2,4 per / dorm	sin allegamiento	Sin irregularidad en la tenencia	< 8 m con calzada pavimentada	Cobertura total de servicios	0-10 m	0- 60 m

$$f(VF)= \psi fe1\ (VF_1+VF_2+VF_3+VF_4+VF_5)+ \psi fh2\ f(VF_6+VF_7+VF_8) +)+ \psi fi3\ (VF_9+VF_{10}+VF_{11})$$

ψ: Ponderador de importancia relativa.
VF: Vulnerabilidad Física

Ψfe1: Ponderador de importancia relativa factor edificación y usos de suelo
Ψfh2 : Ponderador de importancia relativa factor habitabilidad y ocupación
Ψfi 3 : Ponderador de importancia relativa factor infraestructura

Fuente: Basado en SUBDERE. Análisis y evaluación de Riesgos Naturales, 2011.

Por último, para la tercera dimensión ambiental, se indican 3 factores y 4 variables referentes a la escasez hídrica según la disponibilidad del recurso agua para el desarrollo y crecimiento urbano, el recurso suelo según contaminación por exposición a residuos como a vectores y plagas, y finalmente lo referente a calidad del aire según los niveles de contaminación atmosférica producto del grado de exposición a contaminantes de los asentamientos humanos, y lo mismo respecto a ruidos molestos.

Es relevante señalar que esta dimensión de la vulnerabilidad, podría asociarse en forma más directa a riesgos climáticos identificados y priorizados mediante la aplicación del procedimiento de EAE. Una referencia directa ante la urgente necesidad de tomar medidas de adaptación al cambio climático en ciudades, es apuntar hacia una movilidad sostenible y mayor espacios públicos, como áreas verdes en términos de usos de suelo, que se oriente a reducir emisiones y a evitar la pérdida de biodiversidad y ecosistemas naturales presentes en el territorio. En razón de ello, cabría dar mayor importancia relativa según asignación de ponderador en el presente cálculo de vulnerabilidad ambiental al factor calidad aire por la variable correspondiente a la exposición a contaminantes según norma primaria y la consecuente elaboración de planes de descontaminación ambiental. Un segundo ejemplo, se podría señalar para el mayor peso a la vulnerabilidad medio ambiental al factor recurso agua, cuando enfrentan una problemática de escasez hídrica. En consecuencia, se obtendría una cobertura síntesis de Vulnerabilidad Ambiental, a partir de los 3 factores y 4 variables mencionadas, según se indica en la siguiente ilustración.

Ilustración 2-13: Factores - variables y categorías de valor para determinar los niveles de Vulnerabilidad Ambiental

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

VULNERABILIDAD AMBIENTAL

RECURSO AGUA	RECURSO SUELO	CALIDAD DEL AIRE



	Escasez Hídrica	Nivel de intervención o degradación ambiental de ecosistemas naturales	Exposición a contaminantes norma primaria	Exposición al ruidos
Muy Alto	Zona decretada de escasez hídrica vigente mas de un año	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos con degradación ambiental	No cumple con norma primaria de calidad ambiental y no cuenta con Plan de Descontaminación o no cuenta con información sobre exposición.	> 80 db
Alto	Zona decretada de escasez hídrica vigente menos de un año	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos con actividades humanas o degradados ambientalmente	No cumple con norma primaria de calidad ambiental y cuenta con Plan de Descontaminación, corresponde a zona saturada.	55 dB a 80 dB
Medio	Zona sin decreto de escasez hídrica, con diagnóstico y/o alertas de escasez hídrica.	Sectores con ecosistemas naturales intervenidos sin degradación ambiental y con planes de manejo.	Cuenta con Plan de Prevención por considerarse una zona latente.	40 dB a 55 dB
Bajo	Zonas sin escasez hídrica.	Sectores con ecosistemas naturales sin intervención y con planes de manejo y conservación.	Cumple con norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino MP 2,5 y MP 10	<35 dB a 40 dB

$$f(VA)= \psi fa1\ (VA_1) + \psi fs2\ (VA_2) + \psi fc3\ (VA_3+VA_4)$$

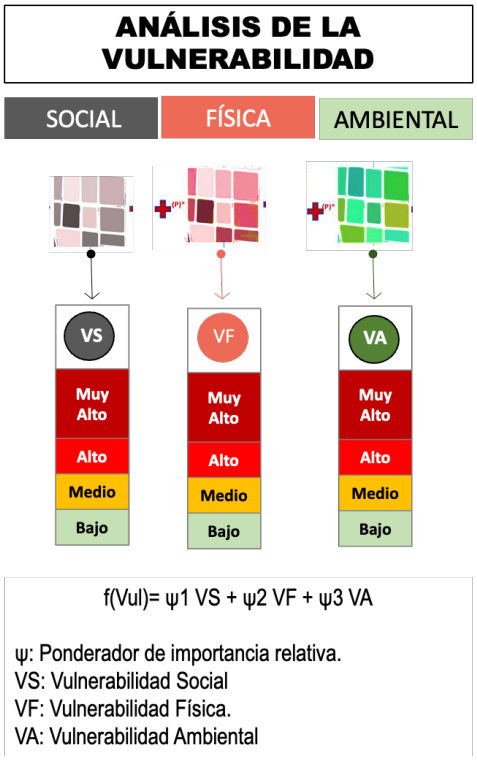
ψ: Ponderador de importancia relativa.
VA: Vulnerabilidad Ambiental

Ψfa1: Ponderador de importancia relativa factor recursos agua
Ψfs2 : Ponderador de importancia relativa factor recursos suelo
Ψfc 3 : Ponderador de importancia relativa factor calidad del aire

Fuente: Basado en SUBDERE. Análisis y evaluación de Riesgos Naturales, 2011.

Finalmente, obtenidas 3 coberturas síntesis de cada dimensión de la vulnerabilidad se plantea según los objetivos y lineamientos del plan, asignar un ponderador de importancia relativa a cada una de ellas para obtener un plano síntesis de Vulnerabilidad urbana territorial del área de planificación. Ello según se puede esquematizar en la siguiente ilustración con la función propuesta para obtener el resultado de los niveles de vulnerabilidad final.

Ilustración 2-14: Síntesis de Plano de Vulnerabilidad urbana – territorial



Fuente: Basado en SUBDERE. Análisis y evaluación de Riesgos Naturales, 2011.

En síntesis, el resultado de este **análisis de vulnerabilidad es un plano de niveles de vulnerabilidad** urbana – territorial, simbolizando de los niveles muy alto a bajo las manzanas o predios. Dichos niveles de vulnerabilidad se utilizan para alimentar la matriz de análisis de los niveles de riesgo, en fase diagnóstico, considerando el mapa de amenazas y los elementos expuestos.

El análisis de las amenazas como de la vulnerabilidad de la fase de diagnóstico técnico, se retroalimenta con la *Fase de Diagnóstico Ambiental Estratégico*, que corresponde a la caracterización de la situación actual de los temas claves del IPT y aquellos que se expresan en los Factores Críticos de Decisión, se encuentra vinculada con la fase de análisis y diagnóstico del procedimiento técnico normativo, y apunta a la caracterización del estado actual y las dinámicas o tendencias que expresan los factores críticos, planteando dos preguntas que ejemplifican el procedimiento:

1. **¿Cuáles son las características de los temas importantes (FCD)?**

Aporta la información de tipo temático que explica la integración de los temas, lo que nos retrotrae al uso de los indicadores rescatados en el análisis sistémico.

2. **¿Cómo han evolucionado estos temas?**

En este caso se apunta a identificar el patrón de comportamiento de los FCD, haciendo uso de los indicadores que expresan las tendencias y proyecciones desarrolladas en el procedimiento técnico normativo.

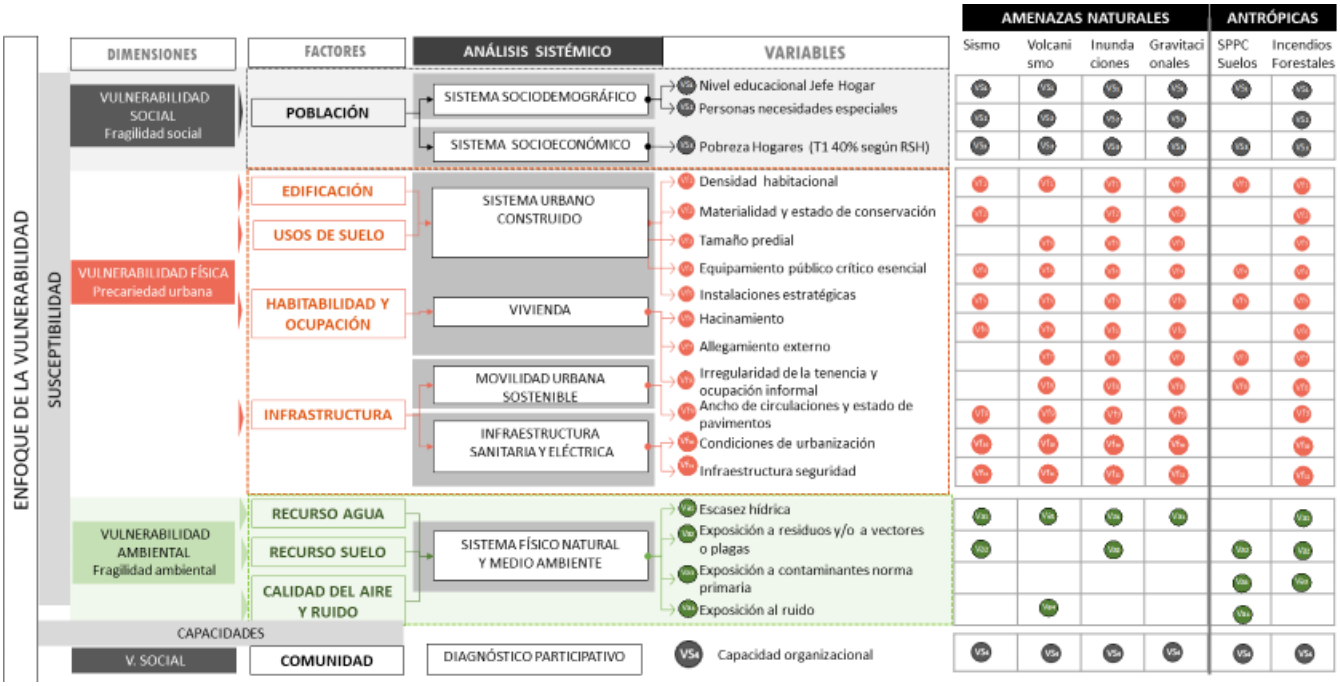
Los Factores Críticos de Decisión, permitirán dar mayor peso en el análisis multicriterio a las dimensiones y factores que representen por considerarse los temas claves ineludibles a las decisiones de planificación. Por ejemplo, en un estudio de caso, se indica:

- **FCD Disminución de la vulnerabilidad de la población frente a factores de riesgo**. En este caso tendrá que tener un valor más alto el ponderador de importancia relativa el Factor Población y en consecuencia la dimensión social de la vulnerabilidad.
- **FCD Condiciones de habitabilidad en los sectores deteriorados, afectados por procesos de densificación o derivados de ocupaciones irregulares.** En este caso tendrá que tener un valor más alto el ponderador de importancia relativa el Factor habitabilidad y ocupación y en consecuencia la dimensión física de la vulnerabilidad.
- **FCD Reducción de los conflictos ambientales de uso entre industria/infraestructura y residencia**. En este caso tendría que tener un ponderador más alto la dimensión ambiental de la sustentabilidad, sopesando con el resto de los factores críticos de decisión formulador para el territorio sujeto a planificación.

- Variables de vulnerabilidad por tipo de amenazas

A continuación, se presentan según tipo de amenazas naturales o antrópicas, aquellas variables de vulnerabilidad pertinentes a ser consideradas por la susceptibilidad de ser afectadas por dichas amenazas. En el siguiente cuadro se hacer relación con las variables utilizadas para el análisis sistémico de la etapa de diagnóstico del IPT.

Cuadro 2-9: Variables para el análisis de vulnerabilidad según tipo de amenazas



Fuente: Elaboración propia.

vi) <u>Construcción de la matriz de Riesgo</u>

A continuación, se explica la forma que se construye la matriz de riesgo, ya sea de análisis en situación base según la presente fase de diagnóstico y tendencias, como de evaluación o de reducción potencial del riesgo según la propuesta de normas o aspectos urbanísticos, para determinar los niveles de riesgos en el área sujeta a planificación.

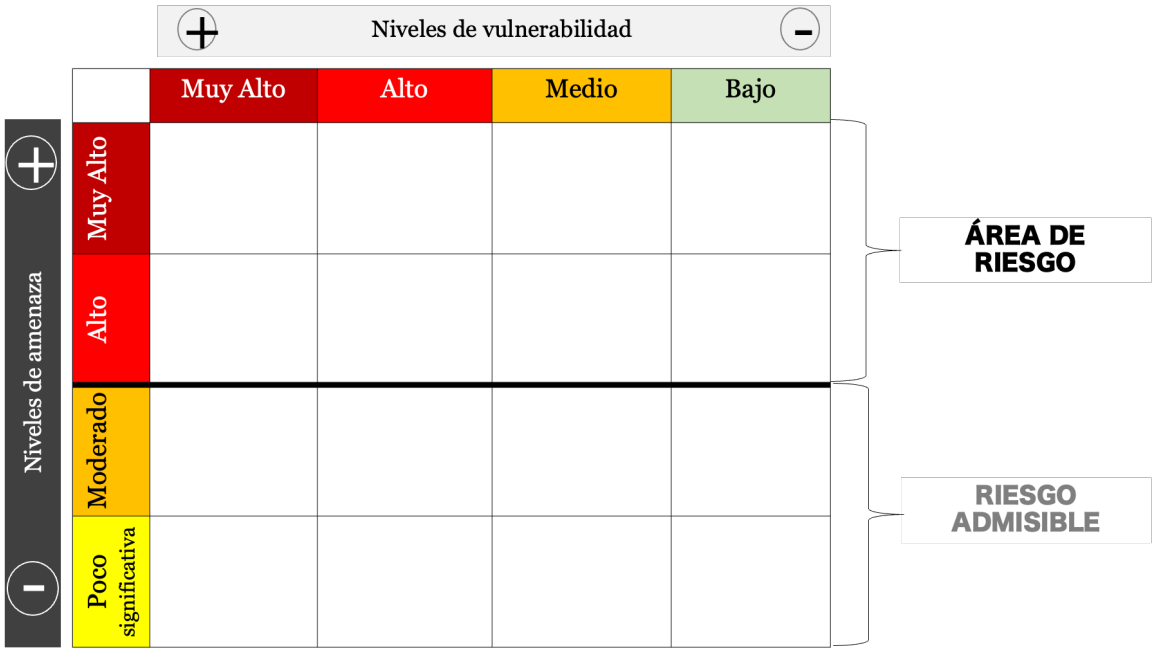
Una matriz se compone de dos direcciones que se entrelazan. Una dirección la representa los niveles de amenaza, que corresponde a las características del fenómeno de origen y lo que puede ocasionar, prefija las condicionantes y determinantes del mayor nivel de riesgo.

La otra dirección de la matriz, la representa los niveles de vulnerabilidad, que corresponden a los elementos expuestos (personas, edificaciones, infraestructura y recursos del medio) analizados según sus condiciones y que pueden aumentan (muy alto – alto) o aminoran (moderado – bajo) la susceptibilidad a los efectos de una amenaza.

En la sección superior de la matriz, determinada por el nivel de amenaza muy alto y alto, el Riesgo según el Artículo 2.1.17. vigente equivale al "área de riesgo normada" que, según dicha norma, requerirá que cada proyecto de construcción haga un estudio fundado y proponga acciones u obras de mitigación, se integra como la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.

En la sección inferior de la matriz, determinada por el nivel de amenaza moderado y bajo, se representan las áreas de Riesgo Admisible, correspondiente al nivel de las pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptables, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes. (UNISDR, 2009).

Ilustración 2-15: Matriz de Riesgo según niveles de amenaza y vulnerabilidad



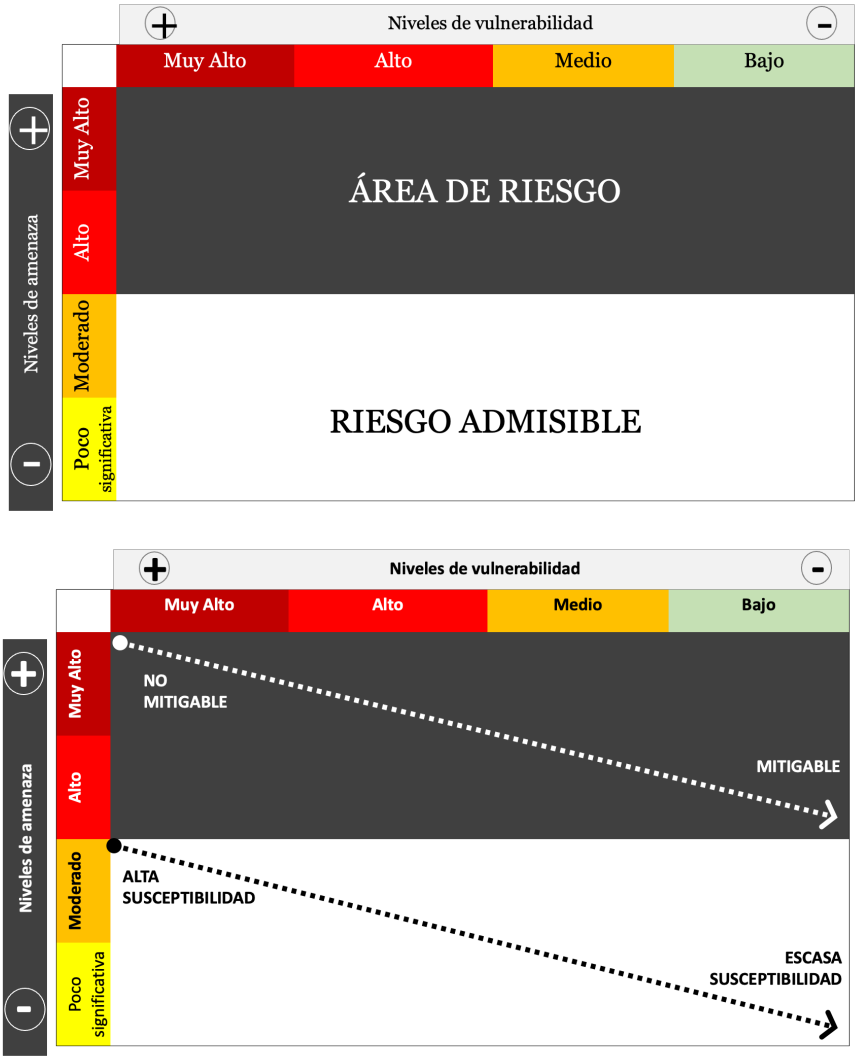
Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, el nivel de riesgo que requerirá siempre normar expresamente la restricción al desarrollo urbano corresponderá a los mayores niveles de riesgo para los asentamientos humanos que considera niveles de consecuencias perjudiciales, de pérdida o daño, prevaleciendo la recurrencia y mayor magnitud o intensidad de la amenaza, frente a todas las condiciones según niveles de vulnerabilidad. Por ello, estos niveles de riesgo se definirán siempre como "áreas de riesgo", como una de las normas urbanísticas contenidas en el Artículo 116 de la LGUC.

A su vez, el nivel de riesgo presenta una gradiente, que va desde lo no mitigable (arriba a la izquierda) hasta lo mitigable (en diagonal hacia la derecha).

Por su parte, el nivel de riesgo admisible, que corresponde a un riesgo con niveles moderado a bajo, disminuye según la capacidad para actuar en las condiciones para la reducción de la vulnerabilidad.

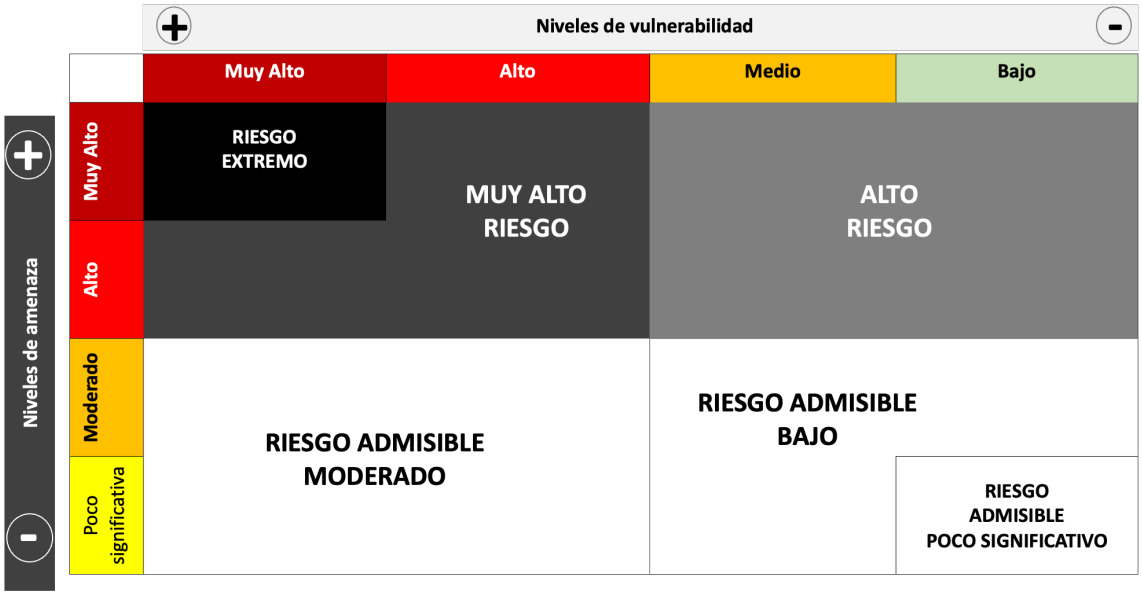
Ilustración 2-16: Criterios de Riesgo no mitigable, mitigable y admisible para la construcción Matriz



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, los niveles de riesgo que se definen en la Matriz predefinen cuatro cuadrantes, conforme a los criterios expuestos . Corresponden a niveles muy alto y alto de riesgo para el entrecruzamiento de los mayores niveles de la amenaza con todos los niveles de vulnerabilidad; y riesgo admisible correspondiente a los niveles moderados y poco significativo de la amenaza con los diferentes niveles de vulnerabilidad. En los niveles de riesgo admisible las decisiones de planificación tienen mayor incidencia para la reducción del riesgo a partir del manejo de los niveles de la vulnerabilidad, lo que se puede abordar a través de las normas urbanísticas y otras condiciones que pueda establecer el IPT. Es decir, de acuerdo se evalúe técnicamente, se podría prescindir de la definición de "áreas de riesgo" (n.u.) para los niveles de riesgo bajo a poco significativo. Por su parte se discriminan los subcuadrantes en los vértices terminales de los niveles de riesgo, tanto lo referente al riesgo extremo (entrecruzamiento muy alta amenaza con muy alta vulnerabilidad), como al riesgo poco significativo (entrecruzamiento de la amenaza poco significativa con la vulnerabilidad baja). Lo anterior, según se visualiza a continuación:

Ilustración 2-17: Niveles de Riesgo, resultante de la Matriz



Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, en esta fase, el producto que se obtiene para el desarrollo del estudio de riesgo es un **mapa síntesis de la zonificación del riesgo** en fase diagnóstico que simboliza el área urbana o territorio de estudio según niveles de riesgo, como resultado de la aplicación de la matriz de análisis. En consecuencia, se obtendrá la delimitación de las áreas de riesgo extremo, muy alto, alto, moderado alto, moderado y bajo riesgo admisible, por el resultado del entrecruzamiento de los niveles de amenaza, con los niveles de vulnerabilidad. Son estas áreas simbolizadas en los mapas según las matrices de evaluación de los niveles de riesgo, las que se deben comparar con las áreas que resulten de las matrices de la potencial reducción del riego en las fases siguientes de imagen objetivo y anteproyecto que se señalan a continuación.

b) Fase de formulación y consulta de Imagen Objetivo

La fase de formulación de la Imagen Objetivo, que supone un procedimiento secuencial de aproximación a las opciones o alternativas de desarrollo del IPT, que responden a las metas y lineamientos estratégicos que se pretende alcanzar para resolver los temas claves que se plantea en el marco del proceso de planificación y los escenarios de desarrollo prospectivo que involucra. En esta fase es dable considerar la construcción de escenarios de RRD, como diversos modelos de referencia sobre amenazas y riesgos territoriales, en función de la probabilidad de ocurrencia y posibilidad de acción. Por cierto, los resultados del cálculo de indicadores para determinar los niveles de vulnerabilidad, pueden incluirse certeramente para apoyar el proceso de acuerdo y decisión final como criterio de evaluación de opciones de desarrollo o alternativas de estructuración. Lo señalado toda vez, que la presente Imagen Objetivo es clave para "acordar" los términos en los que se procederá a elaborar el anteproyecto del plan, la que incluye el tratamiento de Riesgo sancionado mediante acuerdo por parte del órgano responsable que corresponda. Dicho acuerdo podrá definir el riesgo admisible en los casos que se circunscriba a una decisión de carácter política inherente al ejercicio de la planificación, pudiendo considerar en mayor o menor medida las recomendaciones técnicas del especialista que suscribe el estudio de riesgo del instrumento.

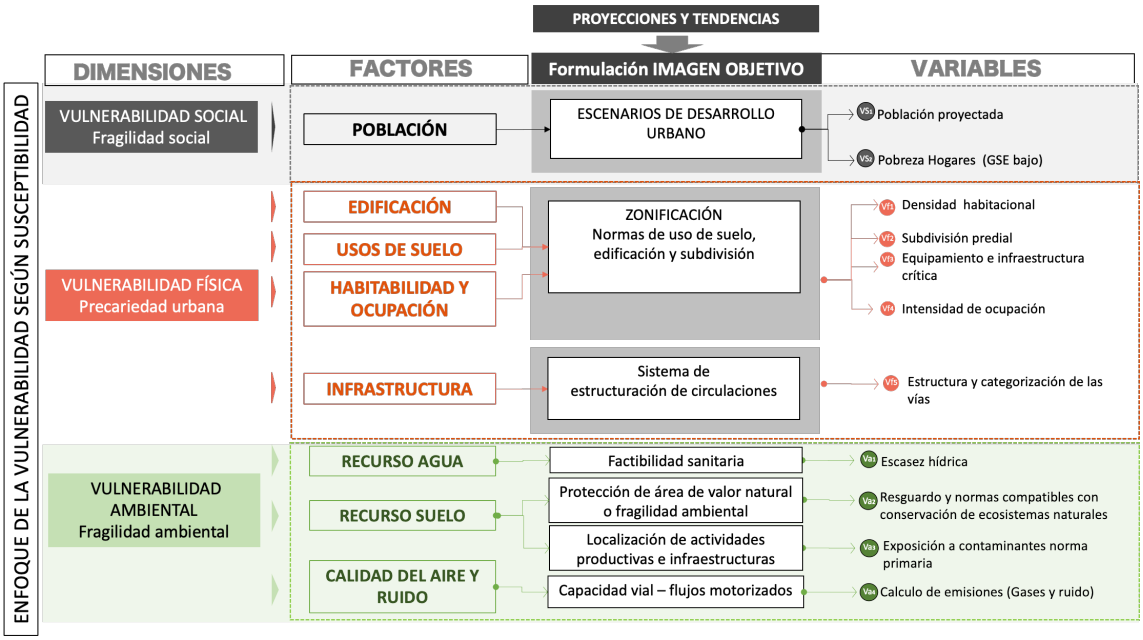
i) Cálculo de vulnerabilidad

En consecuencia, en esta fase de imagen objetivo será necesario realizar un **cálculo de vulnerabilidad,** a partir de las variables sensibles que pueden ser mejoradas (reducidas para disminuir la vulnerabilidad del sistema urbano territorial) con la propuesta de diseño del IPT según las normas urbanísticas planteadas. En particular en razón a la propuesta de alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo, al igual que en el diseño del anteproyecto, se considera solo aquellas variables que son sensibles y pueden ser representadas mediante normas urbanísticas, y que son calculadas y evaluadas según su incidencia en la reducción de la vulnerabilidad y el desarrollo de ciudades más resilientes.

De esta manera el cálculo de la vulnerabilidad, alimentará la matriz de evaluación de los niveles de riesgo para apoyar el proceso de decisión en el diseño del IPT: En términos generales la propuesta de secuencia metodológica presentada para el componente vulnerabilidad, permitirá evaluar las opciones de desarrollo o alternativas de estructuración territorial, apoyar el proceso de decisión del diseño del instrumento, mediante la priorización de ellas. El propósito es dar cuenta de los resultados de la reducción de la vulnerabilidad del sistema urbano territorial comparativamente con la situación base, o en contextos sin planificación o con el marco de planificación vigente.

Así, se procede en forma análoga a lo indicado en el procedimiento anterior, según las mismas dimensiones y factores de vulnerabilidad, pero cuya definición de variables se desprenden de la formulación de la imagen objetivo según alcance de la norma urbanística. En consecuencia, todas corresponden a enfoque de la vulnerabilidad según susceptibilidad. De esta manera, se realizará el cálculo de vulnerabilidad con 11 variables, anidadas en 8 factores y las 3 dimensiones según se puede visualizar en la siguiente ilustración:

Ilustración 2-18: Dimensiones – Factores y variables de Vulnerabilidad desde el enfoque de susceptibilidad de la construcción de Imagen Objetivo

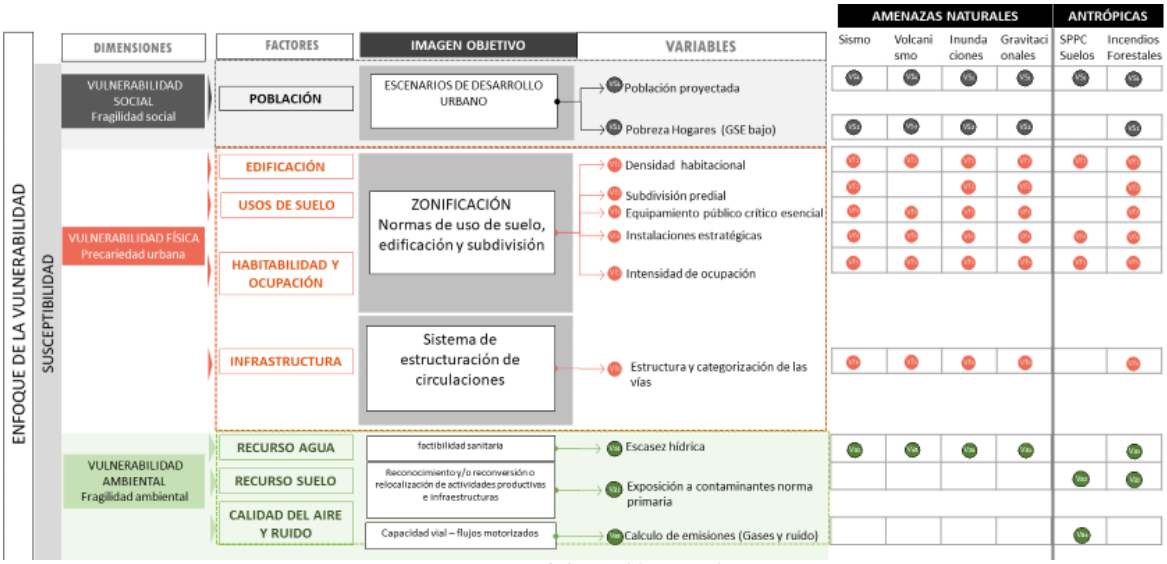


Fuente: Elaboración propia.

En general son variables proyectuales, cuya fuente de cálculo son las propuestas de alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo, en cada caso para cada contexto.

De la misma manera que en la fase anterior, se presentan según tipo de amenazas naturales o antrópicas, aquellas variables de vulnerabilidad pertinentes a ser consideradas por la susceptibilidad de ser afectadas por dichas amenazas. En el siguiente cuadro se muestran las variables a considerar para esta etapa de imagen objetivo.

Cuadro 2-10: Variables de cálculo de vulnerabilidad según tipo de amenazas



Fuente: Elaboración propia.

ii) <u>Resultados de la matriz de evaluación de riesgo y aplicación de criterios para la definición de normas urbanísticas asociadas a los niveles.</u>

Para la construcción de la matriz que define los niveles de riesgo, se plantean en forma coherente los siguientes criterios metodológicos para orientar la práctica urbanística, respecto a ¿Qué hacer? en los territorios sujetos a planificación afectos a distintos niveles de amenazas y riesgos, con la posibilidad de intervenir en la menor o mayor exposición como en la reducción de la vulnerabilidad, según nivel de consolidación de desarrollo urbano. Todo lo anterior, según la estimación de riesgo como consecuencia, desde la premisa de considerar un riesgo admisible moderado, bajo a poco significativo en área urbanas como territorios sujetos a planificación.

La propuesta de criterios para definir la norma urbanística, se esquematiza en la superposición de los niveles de riesgo definidos en la construcción de la matriz señalada precedentemente. La definición de criterios que permita fundamentar la propuesta de normas urbanísticas, con el propósito de garantizar la coherencia de los niveles de riesgo con la norma, esto es, en la superposición de áreas de riesgo según niveles con las zonas urbanas o las áreas definidas en un territorio de planificación. Especialmente, se plantea para la evaluación como para la reducción de riesgo, que permita orientar las decisiones de diseño del plan, tanto para las alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo como para el anteproyecto.

En definitiva, la propuesta de criterios metodológicos para la definición de la norma urbanística del área normada, corresponde los niveles de Riesgo Extremo con el criterio de Prohibir, el Muy Alto riesgo con el criterio de Restringir y el Alto Riesgo con el criterio de Controlar. El Riesgo Admisible en cambio se planifica mediante la definición de las otras normas urbanísticas según el nivel de la planificación, correspondiente al nivel Moderado con el criterio de Condicionar, al nivel Bajo con el criterio de Habilitar y el nivel poco significativo con el criterio de Compatibilizar, según se grafica a continuación:

Ilustración 2-19: Propuesta de criterios metodológicos para determinar la norma urbanística coherentemente con los niveles de riesgo.

Niveles de amenaza	Niveles de vulnerabilidad: Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Muy Alto	PROHIBIR	RESTRINGIR	CONTROLAR	CONTROLAR
Alto	RESTRINGIR	RESTRINGIR	CONTROLAR	CONTROLAR
Moderado	CONDICIONAR	CONDICIONAR	HABILITAR	HABILITAR
Poco significativa	CONDICIONAR	CONDICIONAR	HABILITAR	COMPATIBILIZAR

Fuente: Elaboración propia.

Se explica a continuación cada uno de los criterios expuestos, respecto a orientar la definición de la norma urbanística para los distintos niveles de riesgo considerando el grado de consolidación del desarrollo urbano

Área normada según Áreas de Riesgo 2.1.17.[26]

- PROHIBIR refiere a zonas donde no se deben admitir construcciones o instalaciones, prohibiendo cualquier tipo de actividades humanas permanentes en función de su nivel muy alto de peligrosidad o amenaza para la vida humana, que pudiese además, a la vez, corresponder a un nivel muy alto de vulnerabilidad. El criterio de prohibición, considera también la posibilidad de excluir estas áreas con los mayores niveles de riesgo de las áreas urbanas o de extensión urbana según disposición del límite urbano, en sectores con menor o ausencia de consolidación de algún tipo de poblamiento u ocupación.
  Si bien, la norma no permite actualmente la prohibición de construir, el IPT debe procurar la máxima restricción según algunas de las recomendaciones propuestas en

[26] En las Áreas de Riesgo normadas según lo establecido en el Art 2.1.17. de la OGUC, se harán exigibles obras o acciones de mitigación respaldadas por un estudio fundado. Estas Áreas según circular DDU 398 y 440 se pueden establecer por capas superpuestas a la zonificación del IPT, en cuyo caso las normas urbanísticas que se establezcan deben definirse en la zona bajo la capa, las que solo se pueden ocupar si realizan los estudios fundados identificando las respectivas obras u acciones de mitigación.

la presente Guía, para regular las áreas de riesgo extremo, especialmente cuando se trate de territorios que no cuentan con elementos expuestos que alberguen algún tipo de actividad humana permanente o esporádica. A raíz de ello, el IPT debe procurar la imposibilidad de ocupación del área afectada en este nivel. Este criterio responde a la premisa del reconocimiento de niveles de riesgo extremo no mitigables.

- RESTRINGIR Está asociada a los mayores niveles de amenazas, con los mayores niveles de vulnerabilidad (muy alto y alto), en consecuencia, se entienden como áreas de desarrollo restringido. Por ello, considera la autorización parcial de usos, prohibiendo la localización de equipamientos críticos. Se debe tener presente que el efecto de prohibir un uso es que no se instalen nuevos usos, y que se congelen los existentes. La distinción de los niveles de amenazas muy alta con alta, implicaría que el nivel alto puede ser edificable bajo condiciones fundadas, de lo contrario se considerarán las obras que permitan la habitación de los terrenos ante requerimientos de actividades o instalaciones específicas. Se recomienda que estas áreas sean validadas por los organismos técnicos al que hace referencia el Artículo 38 de la Ley 21.364 en el marco de las instancias de aplicación del procedimiento de EAE de la etapa de diseño del plan.

- CONTROLAR la intensidad de uso y localización de equipamientos críticos e infraestructura pública, en las áreas que se encuentran con niveles muy alto de amenaza a la vez que presentan elementos expuestos con niveles moderados a bajo de vulnerabilidad. Según este criterio, se limita y controla la intensidad de uso, ocupación y edificación para enfrentar los mayores niveles de amenaza, sin incrementar la vulnerabilidad, con mitigación en áreas urbanas consolidadas. En consecuencia, se podrán establecer conforme a dicha exposición, menores o mayores limitaciones según sus niveles de vulnerabilidad, por lo que se normarán restringiendo todo tipo de nuevas edificaciones o aumentos de intensidad de uso, previendo no incrementar en el futuro más elementos expuestos. El control de ocupación e intensidad de uso, también corresponde a las áreas que se encuentran expuestas a niveles altos de amenazas y que presentan grado de consolidación de desarrollo urbano. Es decir, hay elementos expuestos a dichos niveles altos de amenazas. El nivel de control de futuras construcciones e instalaciones en estas áreas estaría supeditado a no incrementar los niveles de vulnerabilidad existentes, en consecuencia, en estos contextos se debieran prohibir los equipamientos e infraestructuras críticas como uso de suelo.

Riesgo Admisible

- CONDICIONAR para su ocupación, en áreas que se encuentren expuestas a niveles moderado de amenazas, sin nivel de consolidación ni elementos expuestos del medio construido. En los casos que presenten consolidación de asentamientos poblados, se establecen condiciones a la intensidad de uso, ocupación y edificación para reducir la vulnerabilidad, en zonas con los menores niveles de amenaza. Dichas condiciones se entenderán tanto como normas urbanísticas como requisitos a la edificación, por ejemplo, aumento de la altura de cimientos en área de anegamiento. Así, el propósito de la acción de condicionar es la reducción de la vulnerabilidad. En consecuencia, si se planifica incorporar dichas áreas al crecimiento urbano deberá considerar que sus patrones de ocupación sean compatibles reconociendo los menores niveles de amenaza (moderado a poco significativo). Las normas urbanísticas son las que cautelan que las formas de edificación y tipos de subdivisión internalicen el nivel moderado del riesgo en dichas áreas.

- HABILITAR para su ocupación en los casos de áreas que se integren al desarrollo urbano con riesgo admisible bajo. Frente a los menores niveles de amenaza (moderado y poco significativo), y de vulnerabilidad (medio a baja), la aptitud para su desarrollo urbano estará supeditada a la consideración de un ordenamiento apropiado a las causas del tipo de amenazas que originan dicho riesgo. El objetivo es considerar las medidas necesarias para alojar las actividades, en función de reconocer el nivel de amenaza moderada y prever que no se incremente la vulnerabilidad.
- COMPATIBILIZAR niveles de ocupación e intensidad de uso acorde a la susceptibilidad de vulnerabilidad baja de poca probabilidad de ocurrencia, en áreas urbanas consolidadas con elementos que no se encuentran expuestos a peligros o amenazas naturales. En consecuencia, la mayor o menor compatibilidad de usos, se sustenta en los bajos niveles de vulnerabilidad, previendo que la propuesta de planificación y nuevos ordenamientos urbanos impliquen no generar nuevas o aumentos de las vulnerabilidades, compatibilizando de mejor manera con las condiciones de ocupación, edificación e intensidades de uso propuestas. Este criterio de aplicación normativa está relacionado con mayores niveles de ocupación e intensidad de uso acorde a la seguridad y estándares urbanísticos, en áreas consolidadas con nivel de amenaza poco significativa y bajo nivel de vulnerabilidad.

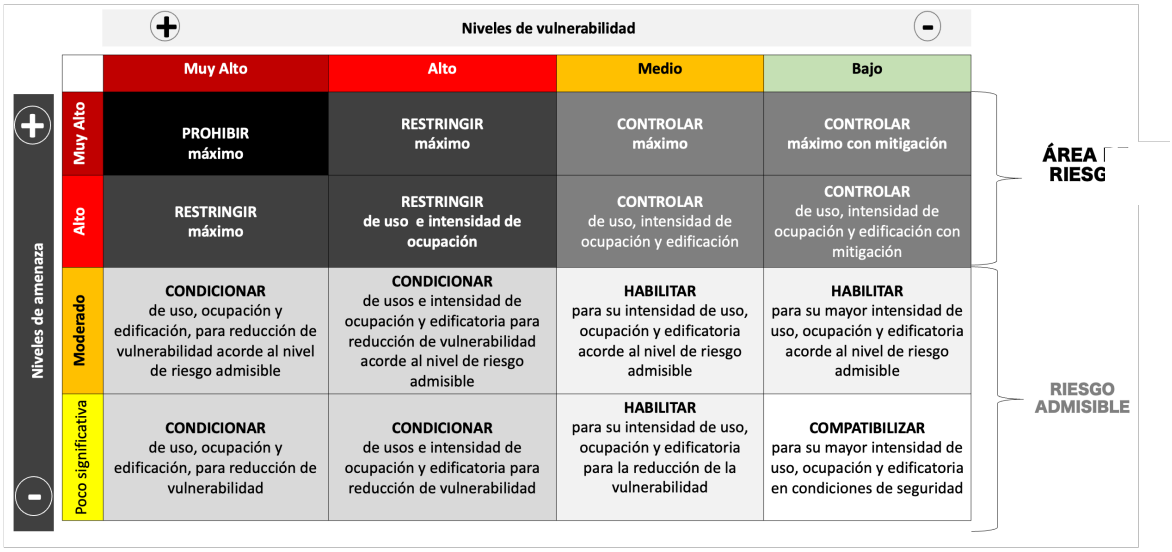
  Esto implica que, dado la menor susceptibilidad de sufrir daños ante amenazas en zonas consolidadas del desarrollo urbano o asentamientos poblados, considerará establecer normas urbanísticas de intensidades de uso, ocupación y edificación acordes a los menores niveles de riesgo para los escenarios de crecimiento. En estos casos se buscarán establecer normas urbanísticas en entornos construidos que colaboren con la sustentabilidad urbana de estos territorios y sus comunidades, en conformidad con el artículo 184 de la LGUC, contribuyendo a su resiliencia.

Dichos criterios se asocian a los niveles de riesgos definidos del cruce de los niveles de amenaza con los niveles de vulnerabilidad según la exposición y consolidación del desarrollo urbano. Cabe mencionar que en la definición de los niveles de riesgo que resulta del cruce entre niveles de amenaza con niveles de vulnerabilidad, el cuadrante de los mayores niveles de amenaza (muy alto y alto), con los niveles muy alto, alto, moderado y bajo de la vulnerabilidad, se definen siempre como las áreas de riesgo como norma urbanística propiamente tal, que se grafican en los planos de zonificación del IPT, conforme lo establece el Art 2.1.17 de la OGUC. Las normas urbanísticas que se definan en las zonas deberán ser consistentes con los criterios de prohibir, restringir y controlar según el cruce de dichos niveles.

El resto correspondiente a riesgo admisible que son los niveles de riesgo bajo y poco significativo se podrán regular con normas urbanísticas relacionadas a los criterios de condicionar, habilitar y compatibilizar señalados precedentemente, las que, teniendo en consideración el artículo 2.1.17 vigente, podrían no graficarse como áreas de riesgo. Esto, teniendo presente la consistencia con el Estudio de Riesgo y las particularidades del territorio.

En el caso del nivel de riesgo moderado, si bien siempre deberá graficarse como área de riesgo (polígono correspondiente a la norma urbanística del art. 2.1.17. OGUC) no les será obligatorio a los proyectos que se solicite emplazar en dichas áreas, los estudios fundados y acciones u obras de mitigación, conforme lo defina el plan reguldor. Lo anterior según se puede visualizar esquemáticamente en la siguiente ilustración:

Ilustración 2-20: Definición de criterios metodológicos para determinar la norma urbanística coherentemente con los niveles de riesgo.



Fuente: Elaboración propia en base a la sistematización de los criterios metodológicos propuestos.

Para las áreas de extensión urbana o con bajo nivel de consolidación se establecen criterios metodológicos, prevaleciendo el nivel de la amenaza dado el bajo nivel de consolidación, infiriendo un nivel potencial de vulnerabilidad equiparable a lo menos al nivel de la amenaza. Ello ante la oportunidad del desarrollo urbano de carácter prospectivo, de establecer los criterios de intensidad de uso, ocupación y edificación acorde a dichos niveles de riesgo, considerando la amenaza y la potencial vulnerabilidad. Ello según se puede deducir de la siguiente ilustración.

Ilustración 2-21: Definición de criterios metodológicos para áreas de extensión o zonas sin consolidación urbana



Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, según los niveles de riesgo definidos en la construcción de la matriz, y los razonables criterios para definir normas urbanísticas correspondientes a cada nivel, se precisan orientaciones respecto a las categorías de intensidades de uso, ocupación y edificación, por su mayor incidencia respecto a la reducción del riesgo de desastre. Ello según se puede visualizar en el siguiente cuadro.

Cuadro 2-11: Criterios normativos según niveles de riesgo

	RIESGO			RIESGO ADMISIBLE		
	MUY ALTO RIESGO		ALTO RIESGO	MODERADO RIESGO		BAJO RIESGO
	PROHIBIR	RESTRINGIR	CONTROLAR	CONDICIONAR	HABILITAR	COMPATIBILIZAR
INTENSIDAD DE USO • uso de suelo	Prohibición de usos permanentes Sin recintos habitables	Autorización parcial de usos Se prohíben todos los equipamientos críticos	Autorización con mitigación Se restringen los equipamientos críticos	Autorización de usos condicionados	Habilitación general de usos	Compatibilidad de usos
INTENSIDAD DE OCUPACIÓN • densidad • *clasificación vía* • subdivisión	Prohibición de ocupación permanente de personas Carácter transitorio	Muy baja intensidad de ocupación	Ocupación con mitigación	Ocupación condicionada	Media intensidad de ocupación	Mayor intensidad de ocupación
INTENSIDAD DE EDIFICACIÓN • ocupación de suelo • constructibilidad	Prohibición de edificaciones con usos permanentes	Muy baja intensidad edificatoria	Edificación con mitigación	Edificación condicionada	Media intensidad de edificación	Mayor intensidad de edificación

Fuente: Elaboración propia.

Según lo expuesto, en esta etapa se deberá identificar claramente las zonas con mayores prohibiciones y/o restricciones en el territorio, cuyas normas urbanas que se establezcan en las zonas se definirán según los criterios expuestos por nivel de riesgo. El proceso técnico normativo entrecruzará los niveles de amenazas conocidos en la fase diagnóstico, con los resultados del cálculo de vulnerabilidad de la Imagen Objetivo según alternativas u opciones de desarrollo propuestas. Los resultados simbolizan los niveles de riesgo de la matriz de evaluación de riesgo en el territorio sujeto a planificación. Los criterios metodológicos expuestos, permiten definir la norma urbanística y con ello hacerse cargo de la necesaria mitigación orientando la práctica del urbanismo. El propósito es aportar con una argumentación técnica fundada, para la definición de la norma que incremente la resiliencia urbana, reduciendo su vulnerabilidad y mitigando el riesgo en los sistemas urbanos – territoriales. De esta manera se propenda a adoptar decisiones que no implique solo restricciones. Estos criterios se definen para los territorios consolidados, como:

- Restringir
- Controlar
- Condicionar
- Habilitar
- Compatibilizar

Para los territorios sin consolidación, en particular para la definición de áreas de extensión urbana en los IPT del nivel intercomunal o ampliación del límite urbano en los niveles de planificación comunal, aplican los siguientes criterios:

- Prohibir
- Restringir
- Controlar
- Habilitar

Todos estos criterios se establecen para cada tipo de riesgo/ amenaza, conforme la normativa a considerar como aplicable. La propuesta de adopción de normas urbanísticas según niveles de Riesgos deberá ser consistente con los criterios expuestos para su definición, señalados en la construcción de la matriz de riesgo en la presente guía metodológica. De esta forma, se establecen criterios de coherencia respecto a cómo actuar frente a cada riesgo, a través de lo cual permite bajar el nivel de incertidumbre de una decisión compleja cual es la definición de una norma urbanística en territorios con diferentes niveles de probabilidad de ocurrencia de amenazas y susceptibilidad de vulnerabilidad conforme la exposición del área urbana o territorio sujeto a planificación.

Complementariamente el procedimiento de EAE consulta desarrollar la *fase de evaluación y directrices de la EAE* se articula con la fase de formulación de la Imagen Objetivo del plan y contribuye con los procedimientos que permiten la evaluación de las Opciones de Desarrollo que corresponden al conjunto integrado de objetivos, lineamientos y Alternativas de Estructuración, conforme a las alternativas de la Imagen Objetivo, según artículo 2.1.5 de la OGUC.

Las Opciones de Desarrollo, corresponden a las estrategias que permiten pasar de una situación actual a la situación deseada para alcanzar los objetivos y lineamientos planteados en el IPT, los que se materializan espacialmente a través de Alternativas de Estructuración.

Las alternativas expresan escenarios o cursos posibles que se articulan con la visión proyectada a través de los cuales se proyecta el crecimiento urbano, en los horizontes de planificación señalados en el Objeto de la Decisión. Deben corresponder a opciones viables, es decir, que se enmarquen en las consideraciones ambientales y de sustentabilidad (criterios y objetivos) apunten a resolver los Factores Críticos de Decisión.

La *evaluación de los efectos ambientales y de sustentabilidad* de las Opciones de Desarrollo se desarrolla en términos de los riesgos y oportunidades, sobre la base de los Factores Críticos de Decisión, los que expresan la coherencia de cada opción de desarrollo con los objetivos ambientales y los Criterios de Desarrollo Sustentable.

Lo que se espera de este procedimiento de evaluación es que sea una herramienta que aporte al proceso de toma de decisiones, ilustrando de manera útil y rápida el comportamiento de las alternativas. Con este propósito se propone desarrollar dos momentos en la evaluación: En primer lugar, una Evaluación Rápida, que permite ejemplificar de manera simple el comportamiento de las alternativas para seleccionar o perfeccionar las opciones enfocándose a aquellas que efectivamente constituyan miradas que estratégicamente aportan al proceso. Para estos efectos conforme a la aplicación del procedimiento de la EAE y lo señalado en la Circular DDU 430 se utilizan matrices de comparación que permiten contrastar de manera simple, las medidas e indicadores asociados a los Factores Críticos de Decisión, otorgando un valor en base a tres criterios enumerados y destacados en colores, que guardan relación con la calificación del manejo que otorga el Instrumento de Planificación sobre los potenciales efectos ambientales propios de la planificación, de acuerdo a lo señalado en el Reglamento EAE.

En esta fase hay un punto clave de decisión, para efecto de integrar la gestión del riesgo en el territorio sujeto a planificación y en razón a dar sentido de aplicación útil y práctica al principio de seguridad de la Política Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastre (PNRRD), es evaluar las Opciones de Desarrollo según indicadores de factor crítico de decisión que sea precisamente la reducción de la exposición y de la vulnerabilidad. Esto implica orientar la decisión de elección de una Alternativa de Estructuración territorial que, entre otros factores, reduce la exposición, la vulnerabilidad y con ello el riesgo en el sistema de asentamiento humano para el desarrollo de un anteproyecto de un modelo urbano más seguro y resiliente. Es decir, plasma en un hito de decisión del proceso de planificación correspondiente a la evaluación ambiental de FCD, acciones que se enfocan en prevenir nuevos escenarios de riesgo, así como la mitigación de los riesgos existentes en área urbanas consolidadas ya expuestas a amenazas. Esto en la forma de implementación de la PNRRD.

De esta forma, el objetivo de la evaluación ambiental de Opciones de Desarrollo o Alternativas de Estructuración es proveer el perfil ambiental de cada alternativa considerada, para que, al momento de escoger una de las alternativas se tenga en cuenta su alcance.

Para dichos propósitos se sugiere en el propio instrumento metodológico avanzar en cuatro sentidos:

- Por un lado, analizar las alternativas propuestas en términos de su coherencia respecto de los alcances del Instrumento de Planificación, los Criterios de Sustentabilidad y Objetivos Ambientales.
- Comportamiento de cada Alternativa de estructuración territorial respecto a los problemas ambientales del territorio de planificación
- Análisis de los Efectos Ambientales de cada alternativa relevado del Diagnóstico Ambiental Estratégico.
- Los efectos ambientales, correspondientes a los presentes en el objeto de estudio y que las alternativas intentan corregir.

La evaluación aplicada en el marco de la EAE utiliza matrices de valoración del tipo semáforo, que consideran la valoración cualitativa de las directrices de planeamiento establecidas en las alternativas de planificación con relación a los problemas ambientales o las dinámicas del desarrollo urbano que se pretende corregir.

A partir de la selección de las alternativas a ser contrastadas, se procede a continuación con la Evaluación Detallada de riesgos y oportunidades, que permite dar cuenta del perfil de las alternativas y sus consecuencias, expresando un juicio de valor relativo a las implicancias que pueden provocar las alternativas y su implementación, denominadas r*iesgos* cuando estas son negativas, y *oportunidades* cuando estas generan efectos e implicancias positivas.

c) Formulación del Anteproyecto

Una vez terminada la Fase de Formulación y Consulta de la Imagen Objetivo, comienza la Fase de Formulación del Anteproyecto, el que debe realizarse sobre la base de los acuerdos que definieron los Términos para dicho fin, acuerdos que por cierto incluyen las decisiones para definir las Áreas de Riesgo del IPT.

La fase de formulación del anteproyecto y proyecto del IPT, corresponde al desarrollo de los componentes constitutivos del Plan reconocidos en la normativa de urbanismo y construcciones, lo que se articula con el seguimiento de las directrices de planificación, gestión y gobernabilidad del Plan.

La formulación del Anteproyecto considera un **cálculo de reducción de la vulnerabilidad** utilizando las mismas variables anteriormente mencionadas en fase de la imagen objetivo, y el mismo procedimiento, cuyo resultado de la aplicación de la matriz de riesgo permitirá verificar la reducción al comparar los niveles de riesgos en las áreas urbanas o en el territorio sujeto a planificación en fase propuesta, con la situación diagnóstica.

Por su parte para los fines de reducción de vulnerabilidad y con ello del riesgo del área sujeta a planificación, como para orientar sobre recomendaciones para la GRD, se deben considerar las directrices de gestión y planificación que se formulan junto con el desarrollo del Anteproyecto del Plan. Estas directrices corresponden a orientaciones, recomendaciones o medidas que permiten abordar los riesgos y oportunidades de la opción de desarrollo preferente, con el fin de lograr los objetivos ambientales y de sustentabilidad, a través de acciones posibles de ejecutar en el contexto del Plan, o que requieren la coordinación con otros instrumentos o instituciones, estableciendo el marco para el seguimiento de la implementación del IPT en relación a los temas ambientales y de sustentabilidad sintetizados en FCD.

Desde una aproximación metodológica, las Directrices de Gestión y Planificación requieren el análisis de los riesgos y oportunidades identificadas para el Anteproyecto a desarrollar, en base a dos preguntas claves:

- ¿Qué orientaciones, recomendaciones o condiciones de planificación pueden controlar o manejar los factores desencadenantes de riesgos?
- ¿Qué orientaciones, recomendaciones o condiciones de planificación pueden incentivar acciones que aprovechen las oportunidades para el desarrollo de ciudades o territorios más resilientes?

Entendemos por **directrices de planificación**, todas aquellas acciones que puedan ser abordadas a través de la aplicación de las disposiciones que se desprenden del objeto de la decisión, vale decir, se encuentran en el alcance o ámbito del plan, ya sea que éstas se incorporen en el diseño del anteproyecto del plan o se aborden en el marco monitoreo a seguimiento de la implementación del plan.

Las **directrices de gestión**, tienen que ver con las acciones complementarias al objeto de decisión, pero que se desprenden del mismo, en esta categoría se encuentra por ejemplo la materialización de inversiones tendientes a aprovechar las oportunidades o hacerse cargo de los riesgos, las cuales pueden articularse con los instrumentos indicativos de inversión.

En esta categoría también es posible considerar todas aquellas articulaciones con acciones propias del proceso de urbanización, donde destacan además de las obligaciones por mitigación exigibles a los proyectos que se emplacen en áreas de riesgo, los beneficios e incentivos normativos orientados a la sustentabilidad de conformidad con lo señalado en los artículos 183 y 184 de la LGUC. El propósito es avanzar en horizontes de mediano y largo plazo hacia la consolidación de un desarrollo urbano resiliente.

Por último, la fase de seguimiento tiene como finalidad establecer el acompañamiento de los resultados del plan, mediante la definición de criterios e indicadores que resultan de las directrices de planificación y gestión. El objetivo es establecer un plan de seguimiento que permita abordar la incertidumbre en la planificación mediante indicadores, sus parámetros de medición, temporalidad y los responsables de efectuar la medición, considerando los plazos estimados de vigencia de los IPT y los plazos para efectuar actualizaciones.

Respecto a los criterios e indicadores de seguimiento, los indicadores deben privilegiar, principalmente, fuentes de información accesibles para los organismos responsables de la planificación urbana que van a verificar la implementación del plan. En este contexto, es posible considerar distintas fuentes de información que mantienen registros permanentes del proceso de urbanización u ocupación territorial y otras que deberán ser implementadas a partir de las directrices de gobernabilidad:

1. Fuentes secundarias catastrales: provenientes de bases de datos gráficas y alfanuméricas que mantienen un registro permanente relativas a la urbanización y/o construcción del suelo;
2. Fuentes cartográficas y satelitales: que permiten verificar los efectos del consumo de suelo urbanizado.
3. Fuentes primarias catastrales: provenientes de bases de datos gráficas y alfanuméricas construidas en el marco del proceso de elaboración del Plan Regulador.

Así también según el Reglamento EAE, los criterios de rediseño corresponden a un conjunto de elementos de análisis, derivados de los Criterios e Indicadores de Seguimiento, y definen el comportamiento que se espera de dicho Indicador de Seguimiento dentro de un plazo determinado. De esta manera, se permite identificar si no se cumple el criterio dentro del plazo asignado, la necesidad de ajustar, modificar o reformular el IPT.

La elaboración del informe ambiental del Plan Regulador, se desarrolla con el fin de avanzar en su tramitación en base a los resultados de la actividad anterior del Plan. Teniendo como referente los contenidos señalados en el **Reglamento para la Evaluación Ambiental Estratégica** (Decreto N° 32 de 2015, de MMA, D.O. 4/11/2015) es posible identificar tres grandes fases en que se distribuye el Informe Ambiental:

I Marco Ambiental Estratégico: que reporta los antecedentes del proceso de planificación, sus alcances, ámbitos de competencias y los procedimientos llevados a efecto para la incorporación de la dimensión ambiental en la elaboración del Plan junto a los criterios y objetivos ambientales considerados en el proceso de planificación.

II Evaluación: procedimiento metodológico de evaluación de las alternativas estratégicas y sus respectivos lineamientos, así como de la verificación de su incorporación en el plan propuesto, junto a las variables ambientales sectoriales propias del Plan.

III Plan de Seguimiento: contiene el plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que son afectadas producto del Plan desarrollado y los criterios e indicadores de rediseño que se deberán considerar para la reformulación del plan en el mediano o largo plazo.

Los contenidos básicos en detalle del Informe Ambiental se resumen en el itemizado señalado en el Artículo 21 del Reglamento EAE, los cuales pueden ser ajustados en relación a los alcances y contenidos que exija el MMA.

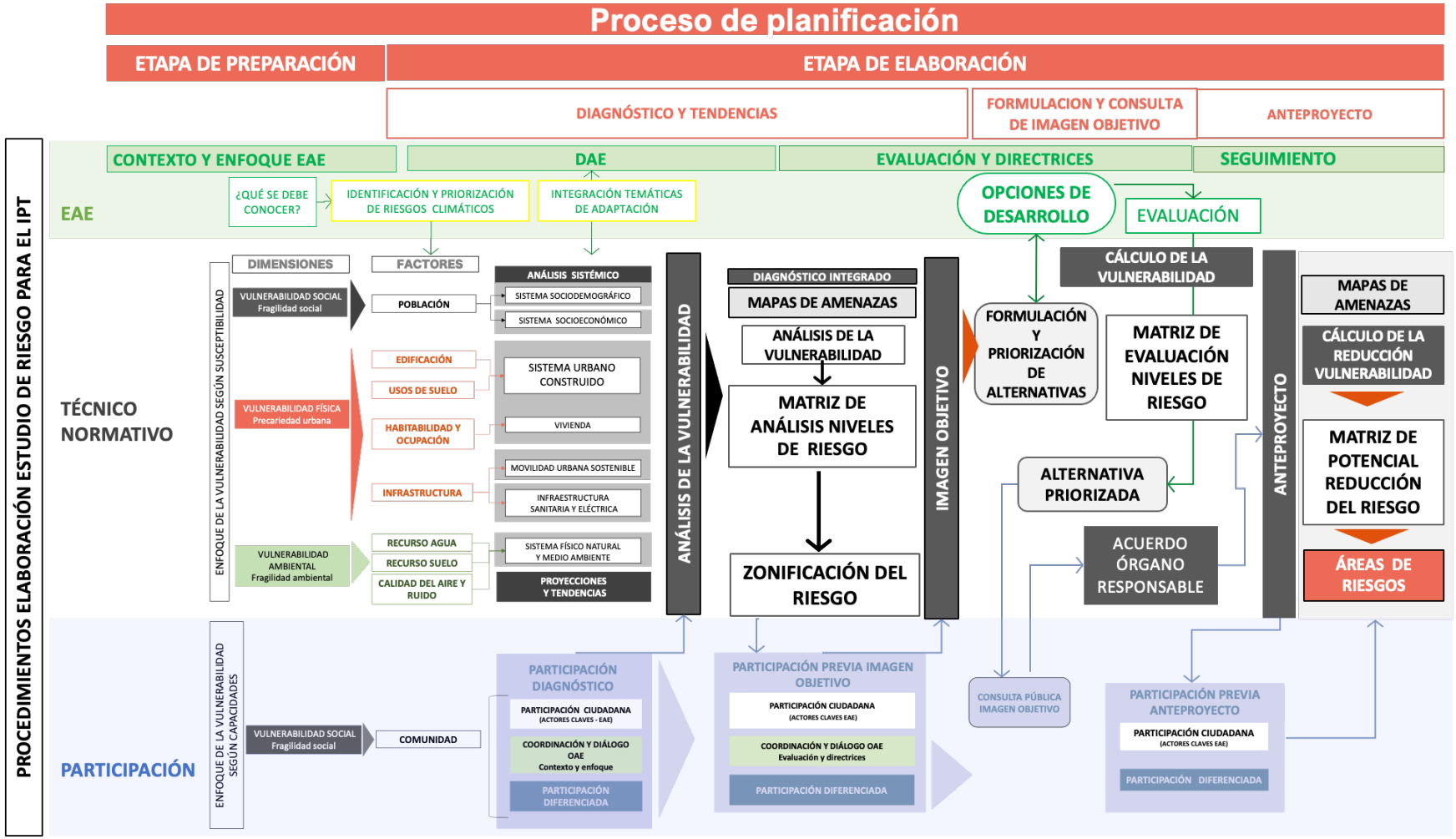
2.2.3 Etapa de Aprobación del IPT

Finalmente, como parte de procedimientos técnicos administrativos se lleva a cabo la Etapa de Aprobación, que integra secuencialmente todas aquellas actividades y tareas que demandan los actos administrativos de distintos organismos, así como los procedimientos de exposición y consulta que consideran los Planes Reguladores, previo a la ratificación de los actos administrativos que ponen fin al proceso de planificación. Esto garantiza la ejecución de proyectos previamente definidos, que cuenten con certeza jurídica.

Cabe señalar que el pronunciamiento de las máximas autoridades de los respectivos órganos responsables, se circunscribe en materia de riesgo al tratamiento de las normas urbanísticas, debiendo tomar cabal conocimiento sobre el nivel de amenazas definidas en el territorio sujeto a planificación.

Todo lo anterior, permite señalar que los IPT colaboran con la Gestión del Riesgo de Desastres, respecto a contar con una estructura de soporte adecuado especialmente concebida conforme al diseño del plan, para el monitoreo, control y evaluación de la gestión permanente del riesgo. Cabe señalar que la planificación territorial podrá considerar un sistema de seguimiento mediante indicadores de reducción de vulnerabilidad y con ello deducir los niveles de riesgo, en razón a la implementación de la EAE de los planes reguladores.

Ilustración 2-22: Secuencia de etapas / fases del proceso de planificación y la elaboración del estudio de riesgo



2.3 REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

La representación cartográfica de las áreas de riesgo deberá ceñirse a lo establecido por el Patrón Nacional para la adecuada representación de los Planos de los diferentes instrumentos, según Artículo 2.1.4. de la OGUC. Dicho manual, que busca contribuir a mejorar la calidad de los IPT, se encuentra actualmente en proceso de revisión por parte del MINVU -DDU Departamento de Planificación y Normas Urbanas para su consulta y aplicación.

2.3.1 Sobre los niveles de la planificación y la escala para la zonificación del riesgo: coherencia y representación.

La respuesta ante la pregunta ¿qué se representa en los estudios de riesgo?, según la delimitación de las áreas de riesgo, es distinta en el plano de zonificación del nivel intercomunal, respecto al del nivel comunal. Para ello, se señalan las siguientes tres consideraciones a tener presente.

Lo primero es señalar que las áreas de riesgo, como delimitación, deben ser distintas la del nivel intercomunal a la del nivel comunal, en correspondencia a las escalas geográficas de planificación, como del ámbito de acción según definición de norma urbanística conforme a las disposiciones establecidas en el Art 2.1.17 de la OGUC.

Lo segundo, es la coherencia de la delimitación gráfica de las áreas de riesgo del nivel intercomunal respecto a las áreas de riesgo del nivel comunal al interior del área urbana. Frente a la necesidad de salvaguardar coherencia, y garantizar claridad en la interpretación normativa, se plantea que el plan regulador intercomunal considere una de las siguientes dos estrategias:

- Omitir la definición de las áreas de riesgo en el nivel comunal cuando ya esté definida en el PRC, es decir, determinada por el instrumento respectivo, evitando duplicidad de graficaciones, más aún cuando es preferible para su finalidad el que se precise en el nivel comunal, tal como lo establece la propia norma en el artículo 2.1.7., letra h) de la OGUC. Ello se recomienda en razón a la representación de escalas diferentes de las áreas de riesgo para cada nivel de planificación.
- Realizar detalles al interior de las áreas urbanas, y representar aquellas materias que son relevantes para la planificación intercomunal, actuando en forma supletoria, cuando no se han definido las áreas de riesgo en el nivel comunal.

Y lo tercero, establecer parámetros geométricos en el nivel comunal para poder identificar la aplicación de la norma urbanística del área de riesgo.

2.3.2 Sobre la zonificación de las amenazas

Para la zonificación de la amenaza dependiendo del tipo, debe estar contenida en un parámetro medible. Para ello hay amenazas donde es recomendable establecer un criterio para parametrizar su delimitación. Un ejemplo de ello es el riesgo por flujos o amenazas por deslizamientos por flujos o detritos en quebradas menores o secundarias, ante los cuales es razonablemente seguro definir una distancia como buffer sobre su eje geométrico con un criterio conservador. En consecuencia, ante dichas delimitaciones se hacen más certera la interpretación de la aplicación normativa en los terrenos que aplique el área delimitada por este tipo amenaza.

Con todo, es dable señalar que conforme la tipología del estudio de amenaza, es imperativo trabajar parámetros geométricos para la interpretación precisa de la norma urbanística respectiva.

Por su parte el procesamiento de la información planimétrica del mapa de amenaza, a fin de integrarlo al estudio de riesgo, es importante adecuarlo a la escala de la planificación, toda vez que deviene de la utilización de diversas fuentes de información cartográficas.

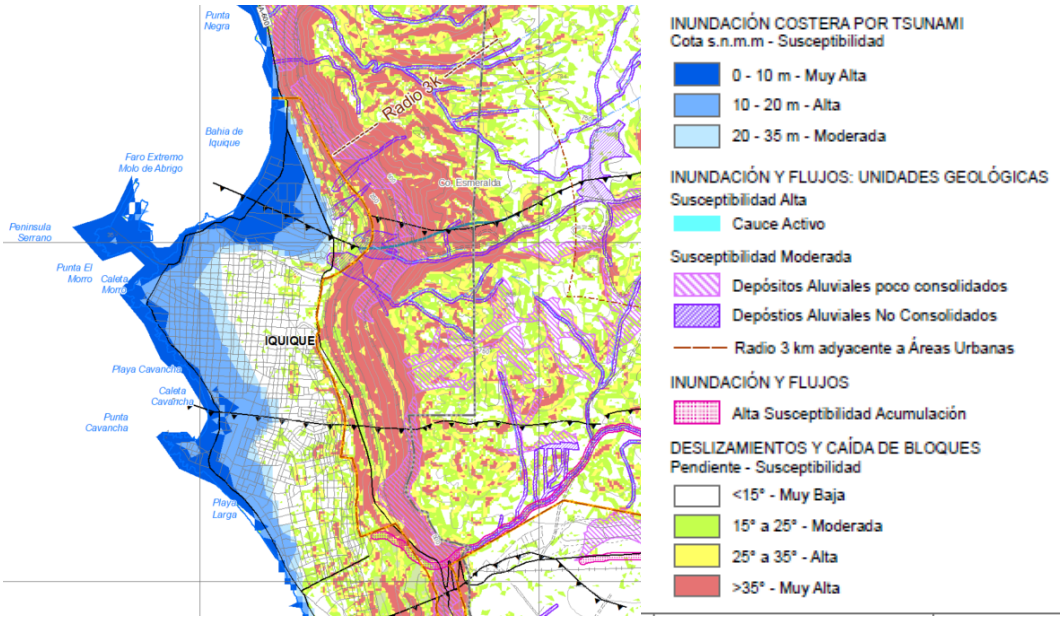
En particular el procesamiento de la información planimétrica es necesaria para la determinación de los niveles de amenaza, cuando se ha generado mediante la utilización de herramientas para la determinación y priorización de modelos, por ejemplo, para el caso de amenazas de inundación, acumulación o flujos en cauces de quebradas o remoción en masa, desarrollados sobre modelos de elevación o digital de terreno, que generalmente no tiene correspondencia con los trazados de quebradas de la cartografía base utilizada por el plan. Un ejemplo específico es la definición de grillas de modelos de elevación para generar coberturas de pendientes, que probablemente resulte no tener relación con la orografía de la cartografía del plan, cuya representación podría ser más agregada que la del modelo de elevación.

De la misma manera, es necesario prever un procedimiento de interpolación de curvas de nivel, cuando se requiere representar amenazas (especialmente caso de inundaciones) y no se cuenta con la información cartográfica base del plan para poder representarlos gráficamente a la escala exigida por el estudio de amenaza.

En consecuencia, atendiendo al origen de la cartografía base según escala y elementos de representación se deben contemplar el desarrollo de procedimientos de traslado y reinterpretación de las amenazas en la cartografía oficial del Plan, especialmente cuando se trata del nivel intercomunal con escala de 1:50.000 o 1:20.000 dependiendo del territorio de planificación. Esto, exige la edición de un plano síntesis de amenazas, que interpreta los resultados de los modelos de entrada y los zonifica gráficamente posibilitando su integración al estudio de riesgo de un IPT.

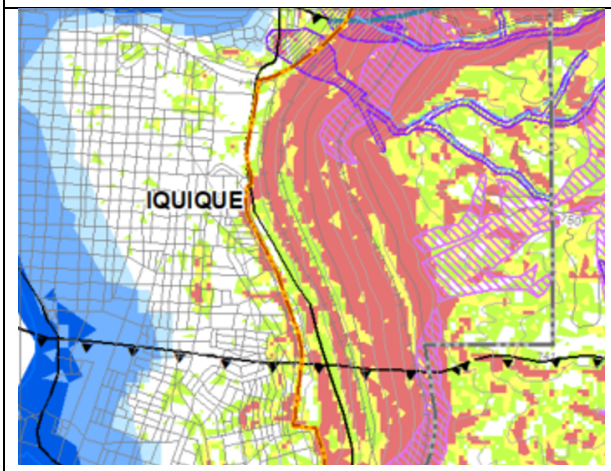
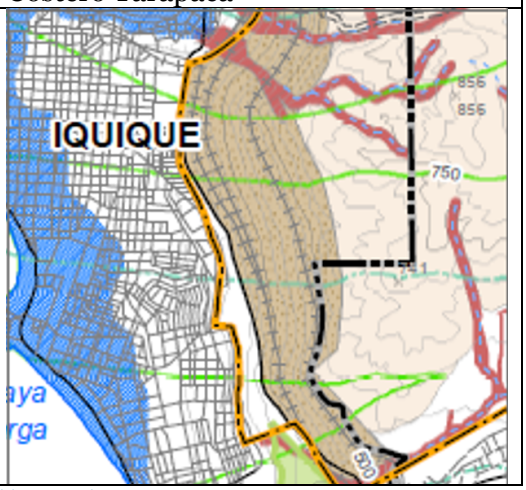
A continuación, se ejemplifica, los resultados de los procedimientos exigibles de reinterpretación conforme la escala de resolución cartográfica, que requiere el traspaso de modelos de grillas a polígonos ajustados posibles de representar en el plano de zonificación del instrumento.

Ilustración 2-23: Síntesis de cobertura de amenazas, caso área urbana Iquique.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 2-24: Planos de susceptibilidad de amenazas y plano síntesis de amenazas del PRICT

Planos de susceptibilidad	Plano Síntesis de Amenazas PRI Costero Tarapacá
	

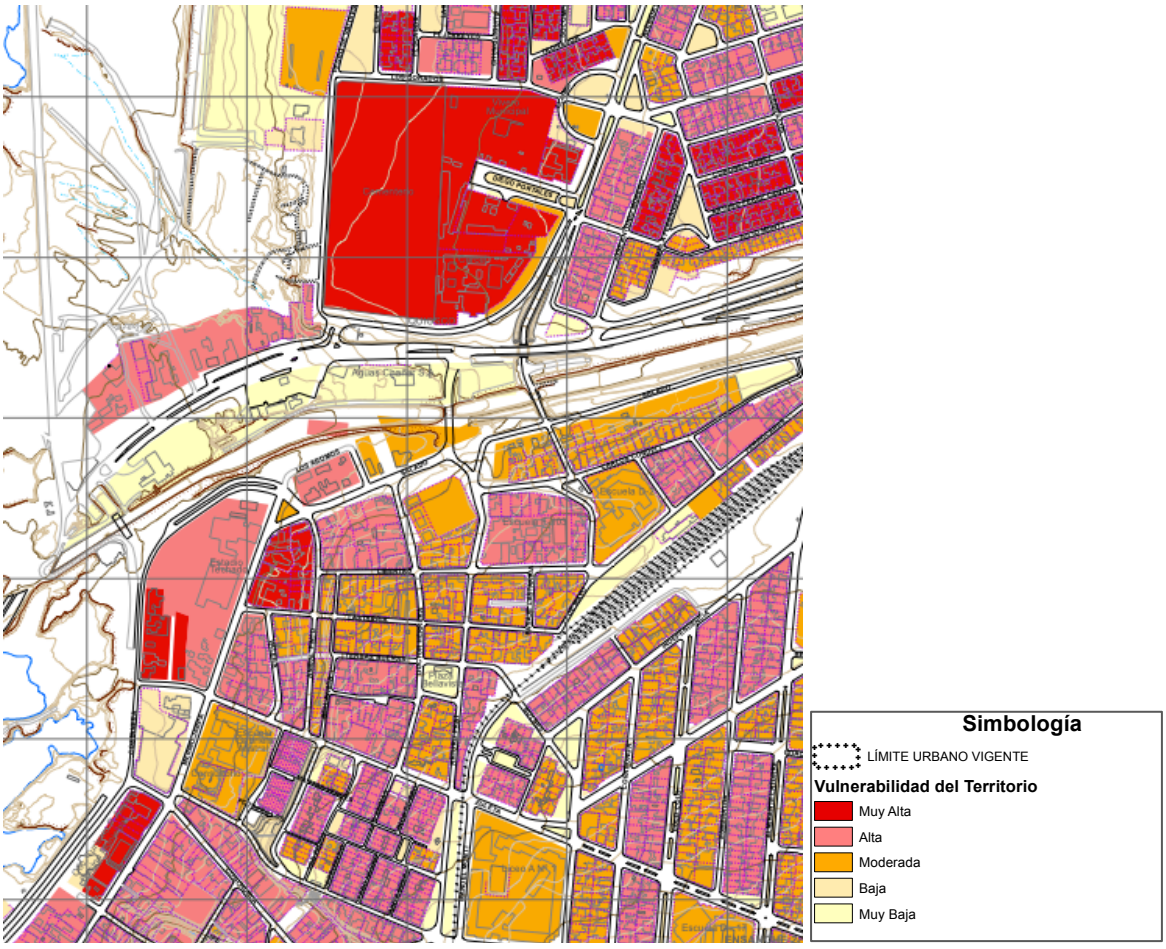
Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, el plano síntesis de las modelaciones del estudio de amenazas, permite garantizar la necesaria coherencia con el plano normativo del instrumento, procurando total consistencia en la representación de las áreas que correspondan a los diferentes niveles. En definitiva, se advierte que debe haber total ilación entre las distintas cartografías que simbolizan las zonas del estudio de amenaza y riesgo, en razón al procedimiento de revisión de jurisprudencia administrativa de los instrumentos.

2.3.3 Sobre la zonificación de la vulnerabilidad

A diferencia del mapa de amenazas, el mapa de vulnerabilidad en términos de una cobertura temática según el resultado de análisis multicriterio de las dimensiones / factores y variables, se representa en base a la simbolización de las unidades espaciales que se atributan con la información base para dicho análisis, esto son polígonos (predios o manzanas). En consecuencia, la graficación responde a una zonificación con parámetros geométricos por el origen de las coberturas de datos sistematizados que se representan. Ello según se puede visualizar en la siguiente ilustración.

Ilustración 2-25: Delimitación de los niveles de vulnerabilidad urbana del nivel comunal de la planificación



Fuente: Cálculo de vulnerabilidad del estudio de riesgo actualizacion PRC Chañaral, 2016.

2.3.4 Sobre la zonificación de los niveles de riesgo

Mientras que los mapas de amenaza tienen que resolver el tema de la escala de representación, los planos de la zonificación de los niveles de riesgo, tienen que resolver el trazado y delimitación de cada zona. La representación cartográfica de las áreas de riesgo, tendrán que enfrentar el desafío de la delimitación geométrica de las zonas por la intercepción entre los mapas de amenaza y los planos de vulnerabilidad.

De esta forma existen dos criterios que se podrían aplicar para efectos de considerar la representación cartográfica de las áreas de riesgo, con el resultado de la aplicación de la matriz de riesgo:

- La prevalencia de la graficación de las áreas según niveles de amenaza por el trazado orográfico o topográfico, para efectos de la delimitación de las áreas de riesgo sobre la base de la simbolización a partir del nivel de la vulnerabilidad.
- La prevalencia de la graficación de las áreas según niveles de vulnerabilidad por el trazado geométrico asociado a los elementos del medio construido y subdivisión predial, para efectos de la delimitación de las áreas de riesgo sobre la base de la simbolización de los niveles de las áreas que contiene el mapa de amenazas.

2.4 PROPUESTA DE CONTENIDOS DE UN ESTUDIO DE RIESGO PARA UN IPT

Para el caso de los documentos que componen los Estudios de Riesgos, y que integra el expediente técnico de los IPT, la presente Guía define una estructura básica de contenidos, con orientaciones asociadas al ámbito de acción propio de cada nivel de planificación. Lo anterior, con el propósito de generar mayor consistencia entre las disposiciones normativas contenidas en la Ordenanza según la estructura lógica del "Manual para la confección de Ordenanzas de los Instrumentos de Planificación Territorial", Circular DDU 398 modificada DDU 440 y los fundamentos y aspectos técnicos que sustentan la definición de estas regulaciones.

Se presenta a modo de síntesis la propuesta de contenidos, que concuerda con el procedimiento metodológico para la elaboración del estudio de riesgo, en las diferentes fases del proceso de planificación, esto es diagnóstico y tendencias, formulación y consulta de imagen objetivo y formulación del anteproyecto.

Así, la propuesta de contenidos de la elaboración del estudio de riesgo, comienza con todos los trabajos preparatorias de la etapa de contexto y enfoque de la EAE, considerando catastros y revisión como análisis de los antecedentes que forman parte del marco territorial, estratégico y normativo.

En la fase de diagnóstico, el análisis sistemático considera, junto con el estudio de amenazas naturales y antrópicas, el desarrollo de modelos de exposición de los elementos del medio humano y construido, junto con el análisis de vulnerabilidad considerando sus diferentes dimensiones (social, física, ambiental), para concluir en un análisis de los niveles de riesgos presentes en la situación base diagnóstica del territorio sujeto a planificación.

El diagnóstico integrado en miras de la definición de la imagen objetivo, ya en fase de propuesta, considera la aplicación de los criterios metodológicos orientándose a la reducción

del riesgo de desastre del sistema sujeto a planificación, clave en el proceso de decisión del diseño del instrumento.

Por ello se identifican y se integran dichos criterios, en la formulación de las opciones de desarrollo o alternativas en miras de minimizar los elementos expuestos y de reducir las vulnerabilidades estableciendo una primera distinción de las áreas según sus niveles de consolidación urbana o asentamiento poblado. Esto es áreas sin consolidación que no presentan elementos expuestos ni localización de actividades humanas ni ocupación, respecto a las áreas de nivel de consolidación media, según sus niveles de intensidad de ocupación, y las áreas consolidadas de desarrollo urbano propiamente tal.

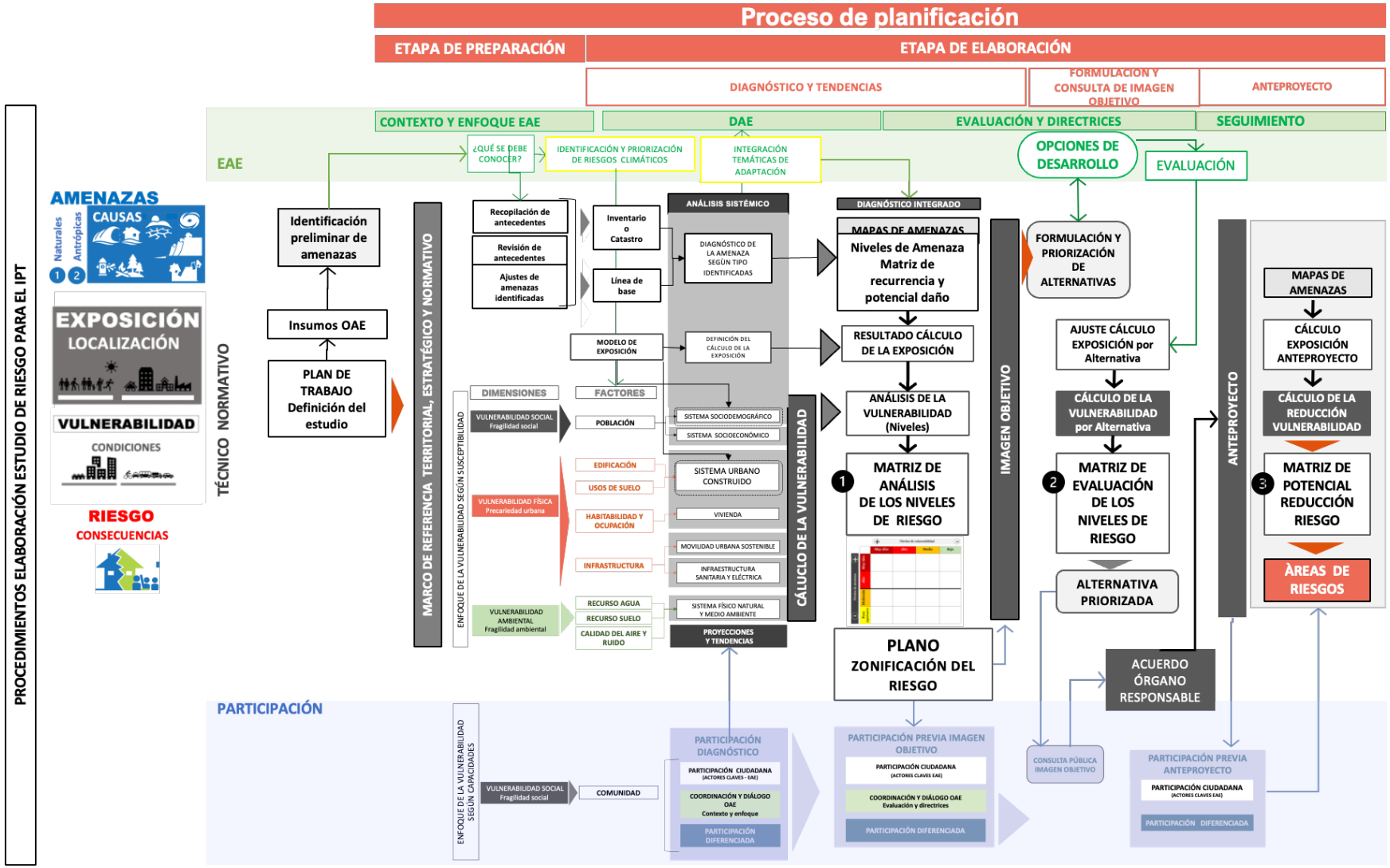
Según ello, se identifican las áreas de restricción, o aquellas con condiciones y aptitudes en áreas de crecimiento a ser incorporados al interior de limites urbanos o como áreas de extensión según el nivel de planificación.

Así también se propone identificar las áreas con limitaciones a las intensidades de uso y localización, aquellas áreas cuyas normas urbanísticas propuestas consideren un control de su ocupación e intensidades de uso, como la compatibilidad de los niveles de ocupación e intensidad de uso acorde a la susceptibilidad, y finalmente incentivos de ocupación e intensidad de uso acorde a la seguridad y estándares urbanísticos.

El estudio de riesgo se sistematiza a partir del desarrollo de actividades y tareas específicas que se desarrollan en el contexto del despliegue del proceso de planificación, cuyo desarrollo integral aporta los contenidos para la definición de las áreas de riesgo, así como sus fundamentos para la determinación de las normas urbanísticas aplicables. En términos generales se circunscribe en la etapa de diseño según se ilustra a continuación.

La síntesis de esta propuesta se esquematiza a continuación conforme la concepción de los procedimientos EAE – técnico normativo y participativo del proceso de planificación, y la secuencia de fases en la etapa de elaboración es decir de diseño del IPT.

Ilustración 2-26: Secuencia metodológica de los contenidos del estudio de Riesgo en el proceso de planificación del IPT.



Fuente: Elaboración propia a partir de la sistematización del proceso de planificación. Anexo 2 Secuencia de Proceso de IPT, Circular DDU 430. Circular Ord Nº 180 de fecha 14.04.2020.



Chañaral, Región de Atacama.

3. MARCO PROCEDIMENTAL



3 MARCO PROCEDIMENTAL

3.1 INCORPORACIÓN Y COHERENCIA CON LOS COMPONENTES DE LOS IPT

En la etapa de elaboración de un instrumento de planificación territorial, se desarrollan los contenidos del estudio de riesgo, considerando su diseño retroalimentado por los procedimientos que devienen de la evaluación ambiental estratégica, como de las instancias de participación ciudadana. Por ello, en la fase de diagnóstico con los insumos que aportan el marco de referencia estratégico, de políticas, programas y planes y lo que se complementa de los talleres de diagnóstico participativo se elaboran los estudios de amenazas existentes en el territorio sujeto a planificación, se desarrollan los modelos de exposición, se aborda el análisis de vulnerabilidad para desarrollar la síntesis en el análisis del riesgo. Los resultados del análisis del riesgo permitirán identificar limitantes, problemas y conflictos que se constituyan en una prioridad ambiental y de sustentabilidad enfrentar dichos niveles de riesgo, y orientar algunas propuestas de estructuración territorial u opciones de desarrollo que amerite su reducción, o los niveles de vulnerabilidad por su probable incidencia en los resultados del riesgo. Esto es especialmente relevante cuando los objetivos de planificación refieren a reducir, controlar o enfrentar los riesgos naturales o antrópicos que afecten el desarrollo urbano comunal o de sus asentamientos humanos, mediante la determinación de la exposición y reducción de niveles de vulnerabilidad que integra el proceso de decisión de diseño del plan. La evaluación de las opciones de desarrollo o alternativas de estructuración territorial, tendrá la posibilidad de señalar los modelos de ordenamiento futuro viable en las áreas urbanas o territorios sujetos a planificación con menores niveles de riesgo, todo lo que es materia de decisión para el desarrollo del anteproyecto del plan.

Por ello, la etapa del diseño del proceso de planificación, considera la evaluación de estas opciones o alternativas de estructuración según sus efectos ambientales y de sustentabilidad y particularmente cuando uno de los temas claves para la planificación del territorio sea la reducción ante el riesgo de desastres. Esta evaluación se realiza considerando los aspectos negativos (en términos de los riesgos según la EAE) y positivos (oportunidades) sobre la base de los temas claves o Factores Críticos de Decisión. Para orientar la decisión, se precisa técnicamente un método de evaluación en base a indicadores según lo establece la Circular DDU 430 para la implementación del procedimiento de la EAE, en la cual concurren los diferentes actores que intervienen en el proceso entre los cuales se encuentran los OAE que participan de los Comité para la GRD, contribuyendo además a la identificación de las directrices de gobernabilidad a favor de la gestión del riesgo de desastre.

En este caso, el alcance de la evaluación de las opciones de desarrollo o alternativas de estructuración territorial que puede realizarse en términos de indicadores de reducción de vulnerabilidad como aumento de capacidades para enfrentar las emergencias, refiere a determinar las implicancias ambientales y de sustentabilidad, para apoyar la elección de la opción definitiva que se considera para la formulación del anteproyecto del plan. Este hito de decisión en el proceso de planificación puede orientarse técnica y normativamente en función de la reducción de riesgo de desastre (tema clave) para lo cual el diseño del plan podrá abordar en forma realista y viable.

Dichos resultados de la evaluación permitirán comprobar el comportamiento ambiental de cada alternativa u opción de desarrollo respecto a la reducción de riesgo. Finalmente, luego que se sancione por el órgano responsable, se establecen los acuerdos de cómo se debe

desarrollar el anteproyecto, lo que queda refrendado en un expediente técnico entre los cuales se encuentra el referido estudio de riesgo del IPT.

3.2 ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN INSTITUCIONAL (GOBERNANZA)

En los temas de Institucionalidad y Gobernanza, son precisamente los procedimientos participativos una de las fortalezas del proceso de planificación. Este responde a la necesidad de reforzar la gobernanza del riesgo, conforme el proceso de planificación participativa y el grado en que se consideran sus resultados en la adopción de las decisiones por parte de los órganos responsables de la planificación.

La Guía incorpora el riesgo de tipo sistémico, con participación preferente por parte de los gobiernos locales, por cuanto se orienta a introducir procedimientos para la consideración integral del riesgo. Desde esta premisa, los planes de reducción de riesgos de desastres deben surgir desde el ámbito local, para determinar de forma correcta sus prioridades. En consecuencia, es clave el dialogo entre los instrumentos y estrategias en el ámbito comunal e intercomunal.

Para lograr dichos propósitos, es clave el establecimiento permanente de un diálogo entre autoridades y sociedad para la identificación de oportunidades y riesgos, desde la necesidad de fortalecer la gestión de iniciativas locales. Dichas iniciativas son posibles de integrar, no solo durante los procesos de diseño de los IPT, sino en sus planes de seguimiento, constituyéndose estas instancias locales de diálogos en indicadores de evaluación o desempeño del plan.

Los procesos de planificación que se llevan a cabo para abordar el problema de decisión, cuentan con procedimientos articulados para mejorar la calidad de la decisión, combinando en cada una de las etapas (preparación – elaboración – aprobación) la realización de tareas y actividades técnico- normativas con procedimientos de evaluación ambiental estratégica y de participación ciudadana e institucional. En consecuencia, cobra especial relevancia el proceso por sobre el resultado, otorgando legitimidad final a la decisión con trasparencia, participación y articulando responsabilidad mediante la necesaria coordinación entre los diferentes Órganos de Administración del Estado con competencia en el territorio.

De esta manera, se sustenta la propuesta de concebir el proceso de planificación como un proceso continuo que se activa frente al plan de seguimiento, y la necesidad de gestión permanente del riesgo ante desastres. Por ello, la gestión del riesgo se integra dentro del proceso de planificación y se retroalimenta de sus diferentes procedimientos.

Por su parte, respecto a la economía procedimental, dada la referencia de los órganos de responsables municipios tanto de los PRC como de los Planes Comunales de Emergencia, la coordinación, el dialogo y la coherencia entre los instrumentos se logra mediante el desarrollo de un único proceso de planificación.

De esta forma, tanto la zonificación de las amenazas como de los niveles de riesgo que deberán desarrollar los municipios para la formulación de sus Planes Reguladores Comunales, debieran corresponder a los mapas de amenazas como de riesgo de los respectivos Planes Comunales de Emergencia.

3.3 SOBRE LOS ÓRGANOS RESPONSABLES

Conforme los OAE, se identifican los miembros integrantes del Consejo de Ministros de la sustentabilidad más aquellos órganos públicos con competencias relacionadas a la materia que se está evaluando, correspondiente al alcance del IPT. Estos OAE, conforme al Art 10 del Reglamento EAE DS 32, se distinguen entre los que están con la obligatoriedad de ser convocados y participar, respecto aquellos que están convocados de manera facultativa por cuanto se recomiendan la realización de las necesarias instancias de participación que contribuyan al proceso de planificación. De dichos OAE se identifican aquellos que conforme a lo establecido en el Art 7 de la Ley 21.364 conforman el Comité Regional para la GRD, no obstante, encontrándose los organismos con competencias directas en materia de seguridad pública, normalmente siendo participes según la convocatoria realizadas por los órganos responsables de los instrumentos tanto regionales como municipales en los procesos de planificación.

Cuadro 3-1: OAE convocados en el marco de la EAE de IPT y GRD

OAE - Órganos de Administración del Estado convocados EAE del IPT		**OTMA - Organismos Técnicos para el monitoreo de las Amenazas (Art 38 letra b) Ley 21.364)**	**OAE - Órganos de Administración del Estado que integran el Comité Regional para la GRD**
En forma imperativa	**en forma facultativa**		
			a) El Ministro del Interior y Seguridad Pública, quien lo presidirá.
		Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada	b) El Ministro de Defensa Nacional.
c) El Ministro de Hacienda.			c) El Ministro de Hacienda.
			d) El Ministro de Educación
e) El Ministro de Obras Públicas.		Dirección Meteorológica de Chile (DGAC) Dirección General de Aguas Dirección de Obras Hidráulicas	e) El Ministro de Obras Públicas.
f) El Ministro de Salud.			f) El Ministro de Salud.
g) El Ministro de Vivienda y Urbanismo.	SERVIU		g) El Ministro de Vivienda y Urbanismo.
h) El Ministro de Agricultura.	CONAF / SAG	Corporación Nacional Forestal o su sucesor legal,	h) El Ministro de Agricultura.
i) El Ministro de Transportes y Telecomunicaciones.			i) El Ministro de Transportes y Telecomunicaciones.
j) El Ministro de Energía.		Comisión Chilena de Energía Nuclear	j) El Ministro de Energía.
k) El Ministro del Medio Ambiente.			k) El Ministro del Medio Ambiente.
	PDI		l) El Subsecretario del Interior.
	FFAA		m) El Jefe del Estado Mayor Conjunto.
	Carabineros		n) El General Director de Carabineros de Chile.
	SENAPRED		o) El Director Nacional del Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, en adelante "el Servicio", quien hará las veces de su Secretario Técnico y Ejecutivo.
	Bomberos	Bomberos de Chile	p) El Presidente Nacional de la Junta Nacional de Bomberos de Chile.
Ministerio de Economía, Fomento y Turismo			
Ministerio de Minería		Servicio Nacional de Geología y Minería	
Ministerio de Desarrollo Social			
		Centro Sismológico Nacional	Universidad de Chile

Fuente: Elaborado a partir de la revisión de los antecedentes legales como reglamentarios en materia de EAE y GRD.

3.4 SOBRE LOS PROCESOS DE PARTICIPACIÓN

Cabe señalar que el proceso de planificación contempla en su fase preparatoria el diseño e implementación de una estrategia de participación sancionada por el organismo responsable, comprometiendo a todos los actores que intervienen o actúan en el territorio, o que sostienen intereses colectivos en el territorio, los que se vinculan e integran las instancias participativas en cada etapa/ fase del proceso de planificación. Esto conforme a la normativa vigente del Reglamento de la EAE del instrumento, que mandata la coordinación y participación tanto de Órganos de Administración del Estado como el de los otros organismos que no pertenecen a la administración, entre los cuales se identifican los representantes de la comunidad que se estimen claves. Estos se integran a las instancias de participación y consulta que la legislación urbana indica para la elaboración del plan. Por su parte, de la misma manera en términos procedimentales pudiera integrarse las instancias o las temáticas al interior de dichas instancias en lo relativo a la gestión del riesgo de desastres. Lo anterior considerando necesario programar en las estrategias de participación de la fase preparatoria del diseño del plan, los procedimientos de participación ciudadana de manera integradas, desde el principio de coordinación y participación establecidos por ley y en la política pública.

3.5 PROCEDIMIENTOS PARA LA APROBACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA PARA LOS IPT

Los OAE con competencias vinculadas a las materias de estudios de amenaza que es el objeto de la evaluación, son los que se encuentran obligatoriamente convocados a participar en la EAE del IPT.

El objetivo de la participación de dichos OAE, es contar con una actuación organizada, bajo el principio de coordinación de los servicios públicos, toda vez que tienen competencias técnicas para pronunciarse e incidir en las acciones propuestas por el IPT (Articulo 11 Reglamento EAE DS 32).

En el contexto de los procedimientos de participación, se aporta la información, antecedentes e insumos que puedan incidir en la definición de las opciones de desarrollo como en las decisiones técnicas de la propuesta de ordenamiento y definición de la normativa urbanística correspondiente.

Los organismos públicos encargados de realizar los mapas de amenaza, deberán informar en este contexto de procedimiento de coordinación y consulta a los Órganos de Administración del Estado, la aprobación de la zonificación de los niveles de amenaza requeridas para la planificación.

La aprobación de la zonificación de los niveles de amenaza, permite integrar al proceso de planificación un insumo validado por el órgano público correspondiente, con el fin de identificar los niveles de riesgo en el territorio y con ello desarrollar la propuesta de zonificación del IPT con su consecuencia norma urbanística.



Talcahuano, Región del Biobío.

4. RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO



4 RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE

4.1 RECOMENDACIONES PARA LA GRD DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DEL IPT

El presente acápite desarrolla recomendaciones para la gestión del riesgo de desastres, respecto a las normas urbanísticas como usos de suelo que se podrán definir ante criterios de prohibición de usos permanentes, o restricción como autorización parcial de usos, o control usos de suelo con la opción de mitigación del riesgo alto. Dicha compatibilidad de usos, según los criterios de niveles de riesgo señaladas, se presentan en el cuadro:

Cuadro 4-1: Recomendaciones de usos de suelo en áreas de riesgo muy alto y alto según criterios de prohibir, restringir, y controlar

USOS	TIPO	DESTINOS	PROHIBIR	RETRINGIR	CONTROLAR
RESIDENCIAL	Vivienda	Vivienda			
	Hogares de acogida	hogares de estadia adultos mayores			
		hogares de acogida para niños(as)			
		Hogares de acogida para adolescentes			
		Hogares de acogida para mujeres			
		Hoagareas estudiantes, salvo los que se emplacen en predio de un local escolar			
	Hospedaje	Edificaciones y locales destinados a hospedaje			
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	CALIFICACIÓN		PROHIBIR	RETRINGIR	CONTROLAR
	Inofensiva	Industrias			
		Depósitos			
		Bodegas			
		Talleres			
	Molesta	Industrias			
		Depósitos			
		Bodegas			
		Talleres			
	Contaminante o Insalubre	Industrias			
		Depósitos			
		Bodegas			
		Talleres			
	Peligrosa	Industrias			
		Depósitos			
		Bodegas			
		Talleres			
INFRAESTRUCTURA	TIPO				
	Transporte	Estaciones ferroviarias			
		Terminales de transporte terrestre			
		Recintos marítimos o portuarios			
		Instalaciones o recintos aeroportuarios			
	Sanitaria	Plantas de captación, distribución o tratamiento de agua potable o de aguas servidas, de aguas lluvia.			
		Rellenos sanitarios			
		Estaciones exclusivas de transferencia de residuos			
	Energética	Centrales de generación de energía			
		Centrales de distribución de energía, gas y telecomunicaciones			
ESPACIO PUBLICO	BNUP	Sistema vial, plazas, parques y áreas verdes			
AREAS VERDES	Públicas o privadas	Plazas, parques y áreas verdes			
		PERMITIDO			
		PROHIBIDO			

	CLASE	DESTINOS	PROHIBIR	RETRINGIR	CONTROLAR
EQUIPAMIENTO	Científico	Centros de investigación, divulgación y formación científica, Centro de Transferencia Tecnológica, Centros de Innovación Técnica			
	Comercio	Locales comerciales y mercados			
		Centros comerciales, grandes tiendas y supermercados			
		Estaciones o centro de servicio automotor			
		Restaurantes y fuentes de soda			
		Bares y Discotecas			
	Culto y Cultura	Catedrales, templos, santuarios, sinagogas y mezquitas			
		Centros culturales, museos, bibliotecas, salas de concierto o espectáculos, cines, teatros, galerías de arte, auditorios, centros de convenciones, exposiciones o difusión de toda especie.			
		Medios de comunicación, canales de televisión, radio y prensa escrita			
	Deporte	Estadios			
		Autódromos			
		Centros y clubes deportivos, gimnasios			
		multicanchas			
		Piscinas			
		Saunas y baños turcos			
		Recintos destinados al deporte o actividad física en general, cuente o no con áreas verdes			
	Educación	Establecimientos de enseñanza superior, técnica. Centros de capacitación			
		Establecimientos de enseñanza media, básica, básica especial.			
		Establecimientos de enseñanza prebásica.			
		Centro de orientación o rehabilitación conductual			
	Esparcimiento	Parques de entretenciones, parques zoológicos y juegos mecánicos			
		Casinos y juegos electrónicos			
	Salud	Hospitales, clínicas y policlínicas			
		Consultorios y postas			
		Centros de rehabilitación			
		Cementerios y crematorios			
	Seguridad	Unidades policiales			
		Cuarteles de bomberos			
		Cárceles y centros de detención			
	Servicios	Servicios profesionales públicos			
		Servicios profesionales privados de todo tipo (oficinas, centros medicos o dentales, notarías, instituciones de salud previsional, administradoras de fondos de pensiones, compañías de seguros, correos, telégrafos, centros de pago, bancos y financieras)			
		Servicios artesanales, tales como reparación de objetos diversos.			
	Social	Sedes de juntas de vecinos, centros de madres, clubes sociales y locales comunitarios.			

Fuente: Elaboración propia.

Así también el estudio de riesgo debiese proponer directrices respecto de la localización de equipamientos críticos salvaguardando su función estratégica al momento de ocurrida una amenaza, de modo que puedan ser incorporados como antecedente para el estudio de suficiencia de equipamiento.

Particularmente para el caso el sistema de movilidad urbana y de la vialidad estructurante el análisis de riesgo se relaciona con la definición de las vías de evacuación y las zonas de seguridad. Las vías de evacuación se definen primero en términos de su capacidad,

fundamentando técnicamente sus ensanches propuestos por el IPT, y segundo, en términos de continuidad de rutas mínimas, sus posibles aperturas, para mejorar la conectividad entre el área a evacuar y las zonas de seguridad, ante una eventual emergencia. Las zonas de seguridad, se identifican como los equipamientos o áreas verdes como espacios públicos que puedan adoptar esta función de zonas de seguridad, para lo cual se deberá evaluar su capacidad de carga consistente con la población a evacuar.

Por último, el estudio de riesgo debiese establecer una cartera de medidas de mitigación estructural y no estructural a nivel de perfil, de modo que pueda ser incorporada en el PIIMEP, Plan de Inversiones de Infraestructura Movilidad y Espacios Públicos.

4.2 RECOMENDACIONES PARA LA EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL MARCO DEL DESARROLLO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

En este apartado se propone un método para elaborar el plan de evacuación de la población, identificando los distintos elementos, su determinación y relación entre ellos.

4.2.1 Sobre áreas y población a evacuar

La población a evacuar considera a toda la población expuesta, ya sea a una amenaza específica, o a la integración de todas las amenazas consideradas en el estudio de riesgo. La población expuesta la determina la aplicación de los criterios antes mencionados, identificando así la cantidad de personas por unidad de área a ser evacuadas (manzana, zona, distrito, barrio, cuadra, hectárea, etc).

Importante es mencionar que es de vital importancia considerar población residente y también población flotante, es decir, personas que está desarrollando distintas actividades a la de residir, en el territorio expuesto. Para el caso de los equipamientos expuestos, se propone considerar que la totalidad de su capacidad está siendo ocupada, considerando el escenario más desfavorable como criterio técnico recomendable a adoptar. En este punto es necesario hacer referencia a la "Guía Metodológica para la elaboración de los Estudios de Movilidad Urbana y de Equipamiento Comunal para Planes Reguladores", la que prontamente será publicada.

4.2.2 Sobre zonas de seguridad

Las zonas de seguridad están conformadas por equipamientos específicos y también zonas que cumplan con determinadas condiciones para albergar de manera temporal a la población evacuada, en zona segura o sea fuera del área expuesta a la amenaza. Las zonas de seguridad no son necesariamente los albergues que finalmente acogerá a la población evacuada. La propuesta de alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo y del anteproyecto del Plan debe considerar la tipificación de los equipamientos en términos de ser o no zonas de seguridad.

4.2.3 Sobre estructura de evacuación

La estructura de evacuación, que se traduce en el plano de evacuación, relaciona espacialmente a la población a ser evacuada y las zonas de seguridad definidas en los puntos

anteriores. Así se identifican corredores (vías) de evacuación, estimando la carga o capacidad que deberían soportar las zonas de seguridad definidas.

Nuevamente es necesario referirse a la "Guía Metodológica para la elaboración de los Estudios de Movilidad Urbana y de Equipamiento Comunal para Planes Reguladores", antes mencionada. En este sentido, el método para estructurar el plan de evacuación que se presenta a continuación es técnicamente el mismo que reporta en la guía antes mencionada, específicamente en el punto 3 (Guía metodológica estudios técnicos), sub punto 3.1 (Estructura lógica de contenidos del estudio de movilidad urbana y capacidad vial), en las tareas denominadas "Análisis de interacciones no- motorizadas".

A diferencia de cómo se plantea la aplicación en la guía mencionada, en este caso se consideran las situaciones propias de la emergencia (población expuestas a la amenaza, zonas de seguridad, velocidad de circulación, etc) y no la situación normal en términos funcionamiento cotidiano de la población en la comuna.

Dicho lo anterior, la forma de determinar la estructura de evacuación es posicionando sobre la red de interacción (también definida como vialidad estructurante por el IPT) tanto las unidades de área con la población a evacuar, como las zonas de seguridad definidas.

El tratamiento de la red de interacción busca incluir las condiciones a los cuales se ven afecto la población a evacuar, principalmente en términos a su velocidad de desplazamiento en modo caminata[27]. Para esto, aunque los estudios consideran distintas velocidades según edad de la población, en el caso de los IPT es difícil llegar a este nivel de diferenciación, en razón al cálculo de los escenarios de desarrollo para la proyección de población. Es por lo anterior que se propone considerar una velocidad promedio de 0,937 m/s (Berlagoscky & Gortaris, 2019).

La velocidad propuesta considera una situación del tipo "flujo libre" (similar a la situación de flujo vehicular), la que se ve afectada por las capacidades o ancho de las vías de evacuación. Si bien no existen muchos estudios que incluyan la congestión en procesos de evacuación, se propone una asociación a la clasificación de vías que también propone el IPT. Haciendo un análisis de las características de las vías, y sus parámetros de diseño, se sugiere en el siguiente cuadro de ajuste de la velocidad de evacuación a ser considerada.

Cuadro 4-2: Variabilidad de velocidad de evacuación según categoría de las vías

Clase de vía	Ancho mínimo (mt)	Factor de ajuste por congestión	Velocidad ajustada (m/s)
Expresa	50	1,00	0,937
Troncal	30	1,00	0,937
Colectora	20	0,60	0,562
Servicios	15	0,40	0,375
Locales	11	0,30	0,281

Fuente: elaboración propia

[27] Se considera una evacuación inmediata, principalmente de la población. Otra situación son las evacuaciones con mayor tiempo, donde los modos de traslado puedan ser otros.

Por último, la velocidad de desplazamiento también se ve afectada por la pendiente de las vías de la red (arcos). Se propone considerar un parámetro que internalice la afectación de la velocidad por la pendiente. Por ello, se indican distintos niveles de pendiente, y que porcentaje de la velocidad promedio (Cuadro 4-3) se debe considerar en cada caso, como una dificultad al desplazamiento (impedancia) de las personas en momentos de evacuación.

Cuadro 4-3: Niveles de pendiente según % velocidades promedio para el cálculo de la evacuación.

Niveles de pendiente de la vía (grados)	Porcentaje de reducción de la velocidad de referencia de desplazamiento (%)
0°	0
0° - 5°	10
5° - 15°	20
15° - 30°	60
30° - 45°	85
> 45°	95

Fuente: Berlagoscky & Gortaris, 2019.

Con la velocidad promedio, el ajuste por congestión (tipo de vía), y la afectación de la pendiente según sea el caso, se calcula un tiempo de paso para cada uno de los arcos de la red.

El paso siguiente es determinar la ruta de mínima de tiempo de paso entre cada unidad de área a evacuar, y las zonas de seguridad disponibles. Así se tiene una "asignación" de cada manzana a cada zona de seguridad, además de la ruta utilizada en este recorrido[28].

Finalmente, para cada arco, se suman el total de personas a evacuar que utilizan dicho arco en la ruta de mínimo tiempo hacia su zona de seguridad asignada. Con esto se obtiene el flujo de población que potencialmente utilizaría cada arco en su evacuación a las zonas de seguridad, con lo que se pueden identificar corredores prioritarios de evacuación. También se debe sumar la población asignada a cada zona de seguridad, priorizando y/o rediseñando las zonas de seguridad de manera de dar soporte a dicha carga potencial.

Con lo anterior se pueden construir distintos indicadores que resuman la estructura de evacuación, tanto para la situación base como para las distintas alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo, y fase de anteproyecto del plan.

En definitiva, en el IPT (y en sus alternativas) se definen tanto la carga de ocupación de las zonas expuestas (población a evacuar), como las zonas de seguridad, y las clasificaciones de las vías de evacuación (y sus afectaciones a la velocidad de desplazamientos, siendo todos estos factores determinantes para evaluar la estructura de evacuación de lo que se propone.

[28] Este procedimiento se puede hacer en cualquier plataforma SIG, por lo que no requiere gran capacidad técnica.

4.3 CONSIDERACIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA PLANIFICACIÓN

A través de la EAE se orienta sobre la forma en que se deberá integrar las consideraciones ambientales del desarrollo sustentable en relación con las medidas de mitigación y adaptación para la gestión de riesgo de desastre con cambio climático (MMA, 2023). Desde la consideración de aquellos componentes señalados en el Guía de EAE para incorporar el Cambio Climático en los Instrumentos de Ordenamiento y Planificación Territorial del MMA (2023), se identifican aquellas condicionantes urbano territoriales de carácter transversal alusivas al riesgo, desde la declaración de inicio del IPT y durante todas las fases de aplicación de la EAE.

4.3.1 Consideraciones de mitigación al cambio climático según la componente de Riesgo en los IPT

Las medidas de mitigación posibles de adoptar para la reducción del riesgo en la planificación son acciones relativas a establecer normas urbanísticas de uso de suelo, como por ejemplo, áreas verdes en áreas de riesgo con niveles muy alto o alto y que corresponda aplicar criterios de prohibición o restricción. Esta disposición se establecería con el fin de aumentar, mantener o potenciar los sumideros naturales de carbono o GEI, considerándolos servicios ecosistémicos de los sistemas naturales de coberturas vegetales especialmente de bosques o infraestructura verde en áreas urbanas.

Entre las causas del cambio climático asociadas a los sistemas urbanos territoriales sujetos a planificación y que tiene implicancias en el riesgo son:

- La destrucción de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, ya sea por devastación de áreas naturales por expansión urbana o la fragmentación del paisaje y ecosistemas debido al emplazamiento de infraestructuras y actividades productivas especialmente aquellas de mayor impacto.
- La antropización del suelo producto del crecimiento urbano, que puede incrementar la vulnerabilidad y con ello el riesgo particularmente cuando se sucede un crecimiento expansivo con deficiente planificación territorial en áreas expuestas frente a amenazas.

Ambas causas tendrán que preverse y evitarse frente a la incorporación del cambio climático en el estudio de riesgo del IPT, orientando un adecuado proceso de toma de decisión como medidas de mitigación.

4.3.2 Consideraciones de adaptación al cambio climático según la componente de Riesgo en los IPT

Ante la adaptación se establecen metas en la gestión de riesgo de desastres, en particular al tratarse de un proceso de planificación en sí, para enfrentar los impactos y riesgo climáticos, cuyo objetivo es reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia a los efectos adversos del cambio climático (MMA, 2023).

Un proceso de planificación que tenga como propósito evitar los daños, ya que el estudio de riesgo define los niveles de riesgo en el territorio que se asocian a los daños relativos a la mayor probabilidad de ocurrencia de muerte, lesiones, así como efectos ambientales, sociales y económicos catastróficos. Así también, a un daño correspondiente a un nivel de

riesgo admisible, por el alcance de las consecuencias sociales y económicas que se considera suficientemente bajo y que por lo tanto es posible de ser gestionado a través de normas urbanísticas acordes.

Según los tipos de riesgo naturales y antrópicos identificados para la planificación territorial, se superpone en un nivel transversal los riesgos climáticos, que afectan en mayor o menor medida cada uno de ellos, según las amenazas climáticas y sus cadenas de impacto, es decir, sus efectos en los territorios y sistemas urbanos en particular. La pregunta que subyace a esta indagatoria es **¿en qué medida o de qué manera las amenazas naturales o antrópicas detectadas en el territorio sujeto a planificación se ven incrementadas por el cambio climático?**

El primer paso es la identificación de las amenazas climáticas en cada territorio sujeto a planificación. Para ello, se identifican para los tipos de amenazas según riesgo, los que se podrán ver impactados por amenazas climáticas, debiendo considerarlas para su análisis de probabilidad como susceptibilidad según sea el caso.

Cuadro 4-4: Amenazas climáticas asociadas a la clasificación de los tipos de amenaza natural o antrópica para la planificación territorial.

AMENAZA NATURAL O ANTRÓPÌCA			AMENAZA CLIMÁTICA
CATEGORÍAS DE AMENAZAS	**AMENAZAS ESPECÍFICAS**		
INUNDACIONES	Desbordes de cauces y otros cuerpos de agua	Inundaciones terrestres	Eventos de precipitaciones extremas, con inundaciones de zonas urbanas y desbordes de cursos de agua.
	Anegamientos		
	Tsunamis	Inundaciones litorales o costeras	Aumento del nivel del mar y aumento de intensidad de marejadas, con mayor anegamiento de asentamientos costeros y degradación de humedales costeros.
	Marejadas		
GRAVITACIONALES	Procesos de ladera[29]	Remociones en masa	Eventos de precipitación extrema, con isoterma más alta, aumenta la probabilidad de flujos o aluviones en quebradas, así como procesos de deslizamientos de laderas.
	Flujos		
ANTRÓPICAS	Incendios forestales		Aumento de temperatura, frecuencia de olas de calor, así como sequías hidro- meteorológicas, que incrementan la recurrencia de incendios de bosques nativos. Olas de calor que incrementan la intensidad y frecuencia en periodo estival de los incendios en las plantaciones forestales.

Fuente: Elaboración propia a partir de la selección de amenazas climáticas de la Guía MMA 2023 y la consulta al Atlas de Riesgo Climático ARClim en agosto 2023.

Conocidas las amenazas y sus mayores impactos producto de los efectos de cambio climático, se podrán incluir medidas de adaptación frente a los riesgos identificados y definidos. Esto, según la siguiente secuencia metodológica que se lista como consideraciones al desarrollo del proceso de planificación del IPT en lo que respeta la elaboración de su estudio de Riesgo:

- **Integrar las temáticas de adaptación adoptando metas y compromisos** que existan en esta materia a partir de la revisión del marco estratégico identificando las

[29] Por procesos de ladera se entienden los fenómenos de caídas, volcamientos, deslizamientos, deformación de ladera, propagación y retrocesos por erosión costera.

políticas, planes y/o estrategias vigentes que consideran los temas de disminución de riesgos climáticos y aumento de resiliencia de los sistemas urbanos o territoriales. Se podrán estimar los objetivos y las metas establecidas en el contexto de macro políticas, evaluando el alcance del instrumento y la normativa aplicable.

- **Priorizar las amenazas climáticas**, revisando las amenazas identificadas que afectan al territorio sujeto a planificación y las metas y compromisos que existan en materia de adaptación y que se extraen del marco de referencia estratégico. Esto implica poner atención en las amenazas más relevantes para el desarrollo del estudio de riesgo para el IPT. Será clave identificar para cada contexto del territorio según sea el caso del objeto de evaluación (tema del proceso de planificación, considera el ámbito territorial y temporal de la elaboración o modificación del IPT) si el riesgo constituye una prioridad ambiental y de sustentabilidad que además pudiera verse afectado por el cambio climático. Esto para efectos que el plan considere las medidas de adaptación que correspondan en coherencia con el contexto y enfoque de la EAE, es decir, que el riesgo sea parte del problema de decisión que debe abordar el proceso de planificación. Así también en concordancia el riesgo podrá ser uno de los objetivos de planificación, así como un objetivo ambiental y que en razón al análisis del marco del problema (valores, problemas y conflictos), se priorice como un tema clave abordar en el diseño del plan, es decir, un factor crítico de decisión. En consecuencia, es parte también del marco de evaluación estratégica en términos de criterios e indicadores. Esto implica que, en la evaluación de las opciones de desarrollo o alternativas de estructuración territorial, deberá adoptarse una decisión priorizando la opción que reduzca el riesgo. Vale decir, que entrega orientaciones y resultados de evaluación para tomar la decisión de planificación a favor de la reducción del riesgo, y en consecuencia implique optar por un desarrollo de una alternativa que reduzca la vulnerabilidad y reduzca la exposición frente amenazas que se vean intensificadas por cambio climático.
- **Analizar el comportamiento de la amenaza climática priorizada** dilucidando su tendencia, según su comportamiento actual y futuro, según el incremento del riesgo en el territorio, y con ello, sus factores de exposición y vulnerabilidad (caracterización del FCD). La evaluación busca identificar las alternativas de estructuración territorial u opciones de desarrollo que reduzcan el riesgo y por ende la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas urbanos frente amenazas que se vean exacerbadas por el cambio climático. En consecuencia, la evaluación de los efectos ambientales y de sustentabilidad del cambio climático puede concebirse como una oportunidad para planificar ciudades y territorios más resilientes.
- **Definir estrategias de reducción del riesgo climático**, según los efectos de las alternativas evaluadas, buscando aumentar los efectos positivos y reducir los negativos de la opción seleccionada, para posteriormente desarrollar el anteproyecto del plan. Entre los efectos positivos se ha señalado la reducción de la vulnerabilidad y la menor exposición frente amenazas intensificadas por cambio climático. Y entre los efectos ambientales y de sustentabilidad negativos se citan la pérdida de la biodiversidad, la mayor exposición del crecimiento urbano frente a amenazas, la menor capacidad de respuesta o adaptativa frente a emergencias, entre otras. Según los resultados de los efectos evaluados para la alternativa seleccionada y/o priorizada se establecerán las estrategias o medidas para disminuir los efectos negativos o riesgo, así como potenciar

sus oportunidades como efectos positivos de la opción de desarrollo o esquema de ordenamiento final para la elaboración del anteproyecto del plan.

- **Identificar y seleccionar medidas de adaptación para disminuir los riesgos climáticos**, en razón a las propuestas del plan o sus recomendaciones para la gestión e inversión, que se deriven de la aplicación de la norma urbanística. En este ámbito de medidas es relevante el diálogo y coherencia con las obras y proyectos que se integren en el Plan de Inversión de Infraestructura y Mejoramiento de los Espacios Públicos (PIIMEP) en especial aquellas obras que fortalezca la preparación y respuesta ante una amenaza. Por ejemplo, cabe señalar los proyectos de recuperación o conservación de humedales, o espacios públicos, parques urbanos, que mejoren el drenaje natural de infiltración de aguas lluvias frente a eventos de precipitaciones extremas. Así también, proyectos de circulaciones para optimizar la estructura de evacuación de las personas en un borde litoral por aumento de inundaciones costeras e intensidad de marejadas, entre otros.
- **Elaborar indicadores para el monitoreo de la implementación de las medidas para reducir el riesgo** como objetivos vinculados a la adaptación frente al cambio climático en el plan de seguimiento. Esto, tanto para abordar los efectos de la evaluación de la alternativa de estructuración desarrollada como anteproyecto en términos de riesgos y oportunidades (indicadores de seguimiento de medidas de gestión, de planificación y gobernabilidad), como para el cumplimiento de los objetivos de planificación y/o ambientales (indicadores de eficacia y rediseño). Todo ello en términos de monitorear el avance hacia el cumplimiento de los objetivos del plan en materia de reducción de riesgo ante desastres y evaluación de las medidas de adaptación al cambio climático, conforme la evolución del desarrollo urbano y territorial.

Así en concordancia a lo establecido en la Guía de EAE para la incorporación del Cambio Climático en los instrumentos de ordenamiento y planificación territorial; se aportan los elementos de análisis en relación al desarrollo sustentable, con foco en su dimensión ambiental y en la adaptación frente al cambio climático mediante la gestión de riesgo de desastres en los IPT en particular.

5 BIBLIOGRAFÍA

Arenas, M., & Opazo, E. (2017). Guía metodológica para la elaboración de Mapas de Susceptibilidad a las remociones en masa a escala regional. Unidad de Peligros Geológicos y Ordenamiento Territorial. Puerto Varas. 65pp., Servicio Nacional de Geología y Minería.

Brantt, C., Pantoja, G., & Muñoz, A. (2021). Peligro de remociones en masa en el sector sur de la región de Coquimbo Sur. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago.: IR-21-88: 107p. 1 mapa escala :250.000.

Berlagoscky & Gortaris "Propuesta metodológica para la inclusión de una variable dinámica de población flotante, a partir de la encuesta de movilidad, en el plan de evacuación ante tsunami en la comuna de San Antonio", 2019

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2007). Información para la gestión del riesgo de desastres. Estudio de caso de cinco países: Chile. Banco Interamericano del Desarrollo.

Contraloría General de la República. Manual Práctico de Jurisprudencia Administrativa sobre Planes Reguladores Comunales, Intercomunales y Metropolitanos. 2012.

Corporación Nacional Forestal CONAF (s.f.), "Índice de Riesgo de Incendios Forestales", Ministerio de Agricultura, disponible en: <http://www.conaf.cl/incendios forestales/combate-de- incendios-forestales/índice-de- riesgo-de- incendios forestales/>, visto en febrero de 2018.

Corporación Nacional Forestal. (s-fa). "Incendios Forestales en Chile". [en línea] [recuperado el día 05 de agosto de 2018]. Disponible en: http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/

Corporación Nacional Forestal. (s-fb). "Regulación". [en línea] [recuperado el día 05 de agosto de 2018]. Disponible en: http://www.conaf.cl/incendios-forestales/prevencion/regulacion/

Dávila, J. (1995). Diccionario Geológico. Ministerio de Energía y Minas. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú.

Dávila, J. (2011). Diccionario geológico. Arthaltuna grouting. Obtenido de http://atlas.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/382

FEMA. 2017. Hazus Tsunami Model Technical Guidance. Federal Emergency Management Agency (FEMA), US. p.171.

Gobierno de Chile. (2015). Contribución Nacional Tentativa de Chile Para El Acuerdo Climático París 2015.

Gobierno de Chile. (2016). Chile Informe Nacional Hábitat III.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Editorial Pearson.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014.) Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.), IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

Hábitat II. (2017). "About The Quito Implementation Platform" disponible en: <http://nuaimplementation.org/about-the-quito-implementation-platform/>, diciembre 2018.

Habiterra. (2017). "Estudio Fundado de Riesgos Plan Regulador Comunal Diego de Almagro".

Hauser, A. (2000). Remociones en masa en Chile. Boletín N°59, versión actualizada 2000, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

IPCC 2014, Cambio Climático. (2014). Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.), IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

IPCC. (2012). Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas, Informe de los Grupos de trabajo I y II del IPCC.

JTC-1. (2008) Fell,R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., and on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008): Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology, Vol. 102, Issues 3-4, 1 Dec., pp 85-98. DOI:10.1016/j.enggeo.2008.03.022.

Ley 19.300. "Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente". Diario Oficial de la República de Chile, 09 de marzo de 1994.

Ministerio de Desarrollo Social (2017). Metodología Complementaria para la Evaluación de Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011). Guía Metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU. (2017). "Línea de Vulnerabilidad y Riesgo".

Ministerio del Medio Ambiente. (2012). "Guía metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes". Fundación Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2016). "Metodología en la investigación de sitios contaminados". Oficina de Residuos y Riesgo Ambiental.

MINVU. Circular Ord. N° 054 (DDU 398). Instruye respecto de la elaboración de Ordenanzas para los Planes Reguladores Intercomunales y Metropolitanos, y Ordenanzas

Locales para los Planes Reguladores Comunales, Seccionales y Enmiendas mediante el "Manual para la confección de Ordenanzas de los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT). 2018.

MINVU. D.S. N° 47 de 1992. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Versión actualizada Febrero 2018.

MINVU. Ley 21.074. Fortalecimiento de la Regionalización del País. 2018.

MINVU. Ley 21.078. Sobre transparencia del mercado del suelo e impuesto al aumento de valor por ampliación del límite urbano. 2018.

MINVU. Propuesta de Modificación, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (incluye Artículo 2.1.17). En aprobación.

Muñoz, A., Marín, M., Galecio, J., & Osorio, C. (2018). Diseño de un sistema de monitoreo piloto de remociones en masa en la cuenca del estero San Alfonso, comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería en colaboración con Instituto Nacional de Hidráulica (INH). Informe Registrado IR-18-69. 131p.

Muñoz, A., Pérez, L., Gálvez, V., Sánchez, B., & Opazo, E. (2021). Remociones en masa y crecidas fluviales en la cuenca del río Las Minas de Punta Arenas, región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Informe Registrado IR-21-91. 151p., Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

Oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastres.

Oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres. (2012). "Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un Manual para líderes de los gobiernos locales". Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastres. Ginebra.

Oficina Nacional de Emergencia. (s-f). "Previene, infórmate y prepárate. Incendios Forestales". [en línea] [recuperado el día 05 de agosto de 2018]. Disponible en: http://www.onemi.cl/incendios-forestales/

Oficina Nacional de Emergencias, ONEMI (2016a). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres". Ministerio del Interior y Seguridad Pública.

Oficina Nacional de Emergencias, ONEMI (2016b). Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

ONEMI (2016). Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018.

ONEMI (2016a). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre.

ONEMI (2017). Identificación de los Factores Subyacentes del Riesgo de Desastres. Instructivo Equipo Comunal.

Oyarzún, J. (2009). Léxico sobre procesos y estructuras geológicas. Universidad de La Serena.

Pedraza Gilsanz, J. (1996). Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones.

PMA. (2007). Proyecto Multinacional Andino: geociencias para las comunidades andinas. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional, no. 4, 432p., 1cd-room.

Sabaj, R. (2008). Identificación y caracterización de estructuras potencialmente activas en la cordillera de la costa, entre los 33° y 33°45'Sur. Memoria para optar al título de geóloga., Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas., Departamento de Geología.

Safeland. (2011). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning. Dliverable D2.4. The Seventh Framework Programme for Research and Technological Development (FP7). Comisión Europea.

Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR). (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, World Conference on Disaster Reduction 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan.

Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR). (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, Naciones Unidas, Ginebra, Suiza.

SERNAGEOMIN. (2010). Evaluación preliminar de peligros geológicos. Área Duao-Iloca, Región del Maule.

SERNAGEOMIN. Geología para el Ordenamiento Territorial de la Región de Valparaíso. 2004. En SERNAGEOMIN (Ed.), (pp. 49). Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile).

Servicio Geológico Colombiano (SGC) 2017. Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa, escala 1:25.000. Dirección de Geoamenaza, Grupo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) 2015. Instrucciones oceanográficas n°4. Especificaciones técnicas para la elaboración de Cartas de inundación por Tsunami (CITSU). Pub. SHOA 3204. 1a. Edición, 2015. p.39.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). 2003. Pub. N°3105. Instrucciones Hidrográficas N°5: Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Sondajes. 4ª Edición.

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). 2005. Pub. N°3109. Instrucciones Hidrográficas N°9: Especificaciones Técnicas para el Empleo y Aplicación de Tecnología GPS 3ª Edición.

SIGMA (2021) González, G., Jensen, E., Aron, F., Roldán, F., Sáez, E., Díaz., F., Candia, G., Gironás, J., Escauriaza, C., Saldías, J., Aranguiz, R., Gilabert, H., De la Barra F., Zúñiga, A. Guía Metodológica para la Caracterización de la Multiamenaza de la Cuenca del Río Maipo. Proyecto FONDEF 19i10021.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, SUBDERE. (2011). "Guía Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial".

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, NGRD. (2013). "Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo". Colombia.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2015). GAR Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres 2015. Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres.

UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2017). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction 2017.

UNISDR (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, World Conference on Disaster Reduction 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan.

UNISDR Américas. (2016ª). "Declaración de Asunción Lineamientos para un Plan de Acción Regional sobre la Implementación del Marco de Sendai 2015-2030", Primera Reunión Ministerial y de Autoridades de Alto Nivel sobre la implementación del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 en las Américas, Asunción, Paraguay.

UNISDR Américas. (2016b). "Nota conceptual", Primera Reunión Ministerial y de Autoridades de Alto Nivel sobre la implementación del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 en las Américas, Asunción, Paraguay.

UNISDR. (2009). Making disaster risk reduction gender sensitive: Policy and practical guidelines.

UNISDR. (2010) Diagnóstico de la situación de la Reducción del Riesgo de Desastres en Chile,

UNISDR. (2015ª). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 – 2030,

UNISDR. (2015b). Reading the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030,

UNISDR. (2017ª). Our Mandate, disponible en <https://www.unisdr.org/who-we-are/mandate>, visto en diciembre 2017.

UNISDR. (2017b), Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, disponible en: http://www.unisdr.org/we/coordinate/sendai-framework, visto en diciembre 2017.

United Nations 2016b, "The New Urban Agenda: Key Commitments", disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/10/newurbanagenda/> visto en diciembre 2017.

United Nations. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

United Nations. (2015ª). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015.

United Nations. (2016a). Habitat III New Urban Agenda. Draft outcome document for adoption in Quito, October 2016, United Nations Conference on Housing and Sustainable Development

Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice.

ANEXO 1 MARCO NORMATIVO y CONCEPTUAL

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DEL NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL

INDICE DE CONTENIDOS

1 MARCO NORMATIVO 4
1.1 Marco normativo de gestión del riesgo 4
1.2 Marco normativo de Cambio Climático 10
1.3 Marco normativo de la planificación urbana territorial 14
1.4 Política Nacional de Desarrollo Urbano 23
1.5 Política Nacional para la RRD 24
2 MARCO CONCEPTUAL 26
2.1 Acuerdos Internacionales suscritos por Chile 26
2.2 Recomendaciones internacionales adscritas por Chile 29
2.3 Conceptos de Reducción de Riesgo de Desastres en Chile 32
2.3.1 Gestión del Riesgo de Desastres 32
2.3.2 Reducción de Riesgo de Desastres 33
2.3.3 Amenaza 33
2.3.4 Exposición 39
2.3.5 Vulnerabilidad 41
2.3.6 Riesgo 44
2.4 Desafíos de integrar la GRD en la planificación urbana 46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: GRD y RRD en relación al proceso de planificación 5
Ilustración 1-2: Ciclo del Riesgo de Desastre – Ley 21.364 y su relación con el ámbito de acción de los IPT..... 6
Ilustración 1-3: Correspondencia del procedimiento EAE con integración del Cambio Climático con el procedimiento técnico - normativo y de participación. 12
Ilustración 1-4: Proceso de Planificación y la integración del Cambio Climático en el procedimiento de EAE 13
Ilustración 2-1: Marco de referentes internacionales de acuerdos suscritos por Chile. 26
Ilustración 2-2: Recomendaciones internacionales relevancia de la Planificación. 30
Ilustración 2-3:Gestión del riesgo y alcance de la planificación mediante análisis prospectivo del riesgo..... 31
Ilustración 2-4: Triángulo del Riesgo y sus FSR..... 32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1: Principios establecidos en la Ley N° 21.364 y su relación con LGUC. 6
Cuadro 1-2: Ley N°21.364 SENAPRED 9
Cuadro 2-1: Factores Subyacentes del Riesgo identificados por UNISDR..... 28
Cuadro 2-2: Referencias conceptuales de la Exposición 40
Cuadro 2-3: Referencias conceptuales de la vulnerabilidad..... 42
Cuadro 2-4: Referencias conceptuales del Riesgo 44

1 MARCO NORMATIVO

1.1 MARCO NORMATIVO DE GESTIÓN DEL RIESGO

Se sintetiza el marco normativo nacional de Gestión del Riesgo de Desastres elaborado previamente por la Oficina Nacional de Emergencia ONEMI en el marco del trabajo desarrollado el año 2021 bajo su coordinación por el sub grupo Normativa Técnica de la mesa de Edificación, Infraestructura y Territorio y luego de la Plataforma del Riesgo de Desastres integrado por ONEMI, Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU y el Ministerio de Obras Públicas MOP. Mismo año que se establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituyéndose posteriormente la ONEMI por el Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, SENAPRED, adecuándose las normativas vigentes a la fecha, mediante la publicación de la Ley N° 21.364.

Por su parte entre otros cambios legales incidentes, corresponde señalar la promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático Nº 21.455 con fecha 30.05.2022 y publicada en el Diario Oficial el 13.06.2022, indicando expresamente que los IPT deben incorporar consideraciones de cambio climático a través de la aplicación del procedimiento de evaluación ambiental estratégica.

Así la Ley N° 21.364, publicada 07.08.2021, y que derogó el Decreto Ley Nº 369 de 1974, establece el Sistema Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SINAPRED), otorga una mirada integral con énfasis en la Gestión del Riesgo de Desastres en adelante la GRD. Así, mientras *la Gestión* del riesgo se asume como un proceso continuo cíclico, *la Reducción* del riesgo es la actividad orientada a actuar sobre el riesgo (Ilustración 1 1). De esta forma, el proceso de planificación (que considera formulación, evaluación y seguimiento del plan) se circunscribe en la Gestión del Riesgo, dado que permite conocer y disminuir el riesgo de desastre con el propósito de evitar la generación de nuevos riesgos, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual. Por su parte, un IPT es también un instrumento para la reducción del riesgo de desastres, al orientarse a prevenir, a reducir y a mitigar riesgos, contribuyendo al desarrollo sostenible del país, considerando el asentamiento humano o poblado su objeto jurídico protegido conforme el ámbito de competencia de un IPT. En síntesis, mientras el proceso de planificación se circunscribe en la gestión del riesgo de desastres, el IPT se inscribe en la reducción del riesgo de desastre en sí, como cuerpo normativo que constituye un producto instrumental para la prevención, reducción y mitigación.

Ilustración 1-1: GRD y RRD en relación al proceso de planificación



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las fases del ciclo del Riesgo de Desastres contenido en el artículo 3° de la mencionada Ley N° 21.364, es la Fase de Mitigación donde se sitúan los IPT, dado que comprende las medidas dirigidas a reducir los riesgos existentes, evitar la generación de nuevos riesgos y limitar los impactos adversos o daños producidos por las amenazas.

Las fases subsiguientes corresponden a Fase de Preparación, que compromete las capacidades y habilidades para prever, responder y recuperarse en forma oportuna y eficaz de los impactos de amenazas inminentes o emergencias. En este contexto la Alerta en la fase de preparación, correspondiente a un estado de monitoreo y atención permanente, o bien se declara cuando se advierte la ocurrencia de un evento que se considera adverso. Consecuentemente la Fase de Respuesta corresponde a atender la emergencia, desde el primer momento de ocurrido un evento a objeto de salvar vidas humanas, reducir los impactos y disminuir las pérdidas. Finalmente la Fase de Recuperación, corresponden a las acciones que tiene por objeto el restablecimiento de las condiciones normales de vida, mediante las etapas de rehabilitación (recuperación a corto plazo) y reconstrucción (reparación o reemplazo a mediano y largo plazo), así también evitar la reproducción de las condiciones existentes de riesgo preexistentes, siendo este último aspecto también ámbito de acción de un IPT, al modificar las normas urbanísticas mediante la definición de áreas riesgos o normas más restrictivas, para orientar procesos de reconstrucción. Esto último en forma consistente con lo dispuesto en el Artículo 27 de la Ley N° 16.282 de Sismos y Catástrofes, que permite para la modificación de los instrumentos de planificación territorial en Zonas Afectadas por Catástrofe, incluir en la Memoria Explicativa un Estudio de Riesgo, y en la Ordenanza respectiva, las disposiciones reglamentarias necesarias, sobre materias relacionadas, directa o indirectamente, con la catástrofe o los planes de reconstrucción. Esto según se puede esquematizar en la siguiente ilustración que grafica el ciclo del Riesgo de Desastre y la relación con los IPT.

Ilustración 1-2: Ciclo del Riesgo de Desastre – Ley 21.364 y su relación con el ámbito de acción de los IPT



Fuente: Sistematización propia a partir del Art 3 de la Ley N° 21.364.
Nota: La Reconstrucción dentro de la fase de Recuperación no es materia de la Ley N° 21.364, según se explicita en su Artículo 3°.

En términos de los principios que establece la ley se enuncia a continuación, y para cada uno de ellos, la correspondencia y relación con los procesos de planificación conforme al diálogo entre los cuerpos legales de gestión del riesgo con el de urbanismo y construcciones.

Cuadro 1-1: Principios establecidos en la Ley N° 21.364 y su relación con LGUC.

PRINCIPIO	Ley N° 21.364	DFL N°458/ 1975 y modificaciones Ley N° 21.078
Prevención	Reducir los factores subyacentes al riesgo. Elaborar modelos de gestión ***prospectiva*** del riesgo por parte del sector público y privado.	Artículo 28 decies establece que los IPTs deben ser consistentes con los estudios de Riesgo, entre otros, así también los IPTs deben ser prospectivos, al abordar el crecimiento demográfico y urbano en concordancia a lo estipulado en el Artículo 42.
Apoyo Mutuo	Aportar competencias y capacidades en las diferentes fases del ciclo de riesgo de desastres, en pos de reducir el riesgo y limitar sus impactos	
Coordinación	Compromiso de los Órganos de la Administración del Estado para articular responsabilidades.	Artículo 10 y 11 del Decreto N° 32 de 2015, Reglamento de la Evaluación Ambiental Estratégica, sobre participación de Órganos de la Administración del Estado.
Transparencia	Sistema inclusivo, informado y orientado a las fases del ciclo de riesgo, para el intercambio y diseminación de datos e información, en forma accesible, actualizada y comprensible. ***Fundamento basado en ciencia*** y complementado con conocimiento tradicional.	Artículo 28 septies sobre acceso a la información de los IPT. Artículo 28 octies Imagen Objetivo. Artículo 28 decies Transparencia en el ejercicio de la potestad planificadora, entre los cuales el ejercicio de la planificación urbana deberá ser consistente con el estudio de riesgos.

PRINCIPIO	Ley N° 21.364	DFL N°458/ 1975 y modificaciones Ley N° 21.078
Participación	Reconocer, facilitar y promover la participación en el proceso de GRD.	Artículo 28 octies sobre Imagen Objetivo y consulta pública. Art 36, 37 y 43 de la LGUC, sobre consultas públicas de los IPT. Artículo 17 del Decreto N° 32 de 2015, Reglamento de la Evaluación Ambiental Estratégica, sobre la Participación Ciudadana en la Etapa de Diseño.
Escalabilidad	Movilización escalonada y gradual de las capacidades humanas según los niveles territoriales desde el local comunal al nacional e internacional, para satisfacer las necesidades de las fases del ciclo de riesgo.	Artículo 9º del Decreto N° 32 de 2015, Reglamento de la Evaluación Ambiental Estratégica, sobre Desconcentración Territorial en el procedimiento.
Oportunidad	Actuación en el momento propicio en cada fase del ciclo según sus responsabilidades.	

Fuente: Sistematización propia a partir del Artículo 4º Ley N° 21.364 y Ley N° 21.078.

A su vez, en todas las fases del ciclo de riesgo, se establece una estructura de coordinación con diversas herramientas para la GRD (una Política Nacional, planes y mapas, por nombrar algunos instrumentos). De esta forma, se crea un servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres en reemplazo a la ONEMI, otorgándole como nuevas funciones generales planificar y supervisar, además de asesor, coordinar y organizar.

La estructura de Coordinación se da a través de los Comités para la Gestión del Riesgo de Desastres. Esta estructura se establece en los diferentes niveles de gobierno del territorio (nacional, regional, provincial y comunal), con responsabilidades y funciones tanto en la fase de mitigación y preparación (aprobación de planes para la GRD, y desarrollar capacidades y recursos para fortalecer la GRD) como en la fase de respuesta y recuperación (según nivel de emergencia y para apoyar la afectación). Así también identifica el Órgano de Administración del Estado (OAE) entre sus 9 integrantes nuevos (Ministerio de Interior y Seguridad Pública, Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio de Hacienda, educación, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Agricultura, Medio Ambiente, Bomberos de Chile, PDI), que preside y convoca la Secretaria Técnica y Ejecutiva a cargo de SENAPRED, en los diferentes niveles de gobierno territorial.

Este marco normativo y de nuevos instrumentos como políticas públicas, aporta para el marco de referencia estratégico los objetivos y principios de la Política Nacional para la RRD con lineamientos generales, y el Plan Estratégico Nacional para la RRD, así también como todos los planes en sus diferentes niveles (regional / comunal)[1] con base a mapas de amenaza y mapas de riesgo. Cabe considerar que el reglamento regulará el procedimiento de elaboración en un plazo de un año.

[1] El nivel provincial solo está enunciado en el Art 25 y otros en la Ley .364, no obstante, no está definido como un nivel territorial propio de planificación para la gestión del riesgo de desastres, como se establece para el nivel regional y comunal.

Dentro de los Instrumentos de Gestión del Riesgos de Desastres[2], la **Política Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastre**, entre las acciones que establece abordar, desde una perspectiva integral está el desarrollo de una planificación que aborde los factores que incrementan el riesgo en los territorios y comunidades, así también las medidas necesarias para su mitigación. Por su parte, también atañe al proceso de planificación, las acciones de comprender el riesgo de desastres, fortaleciendo la investigación para el análisis de las amenazas y las vulnerabilidades, entre otras acciones. Y por último el numeral f) que refiere a las materias correspondientes al ámbito de acción de los IPT, respecto a "*Planificar una recuperación sostenible que considere evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual*" (Artículo 24, literal f), Ley N° 21.364).

De esta manera se adopta la planificación de carácter obligatorio, considerando entre sus atributos tanto el desarrollo de capacidades (fase de mitigación y preparación) como el empleo de capacidades (fase de respuesta y recuperación, esto último ya sea en reparación como reconstrucción). Para ello, se da cuenta de tres criterios para la coordinación de los instrumentos de los diferentes niveles territoriales: **consonancia, armonía y sistematicidad**. Cabe señalar que, conforme a dichos criterios, en forma concordante al sistema de planificación de los IPT, también se considera una coordinación jerarquizada entre los instrumentos y todos ellos con la política (PNRRD), como la pertinencia y características especiales o condiciones particulares de cada realidad territorial.

Los **Planes Sectoriales para la Gestión del Riesgo de Desastres**, son los que se elaboran conforme al ámbito de competencia propio a cada Órgano de Administración del Estado conforme al establecimiento de metas y objetivos específicos, como de sus capacidades para dar respuesta a emergencias. Cada OAE deberá establecer las acciones concretas conducentes al logro de dichos objetivos, que, tras su aprobación, serán vinculantes para los organismos o instituciones públicos / privados que correspondan.

Los **Planes de Gestión del Riesgo de Desastres** particularmente los de niveles regionales, provinciales y comunales, tienen por mandato legal comprender las diferentes fases que comprende el ciclo del Riesgo de Desastres, los que en lo que respecta a su fase de mitigación pudieran corresponderse con los IPT según sus ámbitos de competencia y niveles de acción, así como en conformidad a los territorios de planificación que se incluyan.

Los **Planes de Emergencia**, se elaboran para la fase de respuesta abarcando materias netamente de gestión (coordinación, operaciones, comunicaciones, etc.). No obstante, dichos planes pudieran elaborarse en forma coherente con las circulaciones para los fines de evacuación y desplazamiento a zonas seguras que se identifiquen en el marco del desarrollo del proceso de planificación para la elaboración de los IPT. Cabe enfatizar que esta ley establece el mandato para los planes de gestión tanto regionales, provinciales como comunales, contemplando acciones que disminuyan las vulnerabilidades del territorio.

[2] En cuanto a los instrumentos de Gestión, correspondiente al Título II, Art 23 – 40º, que indica en el párrafo 1º la Política y de los Planes para la RRD (ArtículoArt 23- 33º) y en el Párrafo 2º los Planes Sectoriales, Mapas de Amenazas y Mapas de Riesgo (Art 34- 37º) y el párrafo 3º Sistema de Alerta, Monitoreo, Comunicaciones e Información (ArtículosArt 38- 40º).

Cuadro 1-2: Ley N°21.364 SENAPRED

Institucionalidad estructura de coordinación	**Instrumentos**		**Niveles de emergencia**
MINTERSP	Política Nacional para la RRD		Catástrofe
Dirección Nacional Comité Nacional	Plan Estratégico Nacional para la RRD	Plan Nacional de Emergencia	Desastre
Dirección Regional SENAPRED Comité Regional	Plan Regional para la RRD	Plan regional de Emergencia	Emergencia mayor
Delegación Provincial SENAPRED	Plan RRD opcional	Plan Provincial de Emergencia	
Unidad de GRD Comuna Comité Comunal	Plan Comunal para la RRD	Plan Comunal de Emergencia	Emergencia menor

Fuente: sistematización a partir de la Ley N° 21.364.

Respecto a la **Amenaza**, esta se define como el fenómeno natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente (Artículo 2°, literal a) de la Ley N° 21.364).

Así también, dicho marco normativo establece los **mapas de amenazas**, que identifican las áreas expuestas al efecto directo o indirecto de una amenaza. Estos mapas deberán ser utilizados para la elaboración de los IPT e incorporarse a los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres para cada nivel territorial según corresponda. Los responsables de su elaboración, validación y actualización son los órganos técnicos con competencias (de acuerdo a la ley 21.364 y su reglamento), y un reglamento regulará su procedimiento de elaboración. Su representación gráfica es una zonificación simple realizada a través de diversas metodologías y variadas escalas según amenaza (Artículo 35 de la Ley N° 21.364).

En cuanto a los **mapas de riesgo**, diagnostican los escenarios de riesgo para la GRD, no siendo vinculantes para los IPT a diferencia de los mapas de amenazas, no obstante que deben constituirse en un antecedente del marco de referencia estratégico en el inicio del proceso de planificación que llevan a cabo los IPT. Dicho mapa de riesgo establece la relación entre vulnerabilidad, elementos y sistemas expuestos a amenazas, en un territorio y momento determinado (enfoque probabilístico). En consecuencia, es relevante señalar que, ante una emergencia gatillada por una amenaza, son incidentes la vulnerabilidad y la exposición. Estas son las condiciones que poseen los sistemas urbanos y asentamientos poblados para afrontarla, motivo por el cual se integran al proceso de planificación urbana territorial. Así, el concepto **Vulnerabilidad** se define como aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios a los efectos de las amenazas (Artículo 2, literal e).

Finalmente, cabe señalar que dichos mapas de riesgo tienen como objetivo apoyar la GRD de manera sostenida y gradual, en todos los niveles territoriales, para cuya elaboración se contará con un reglamento que establecerá los procedimientos mínimos. El órgano responsable de la elaboración de los mapas de riesgo es SENAPRED en coordinación con el correspondiente Gobierno Regional GORE; las municipalidades, la SEREMI MINVU y otros organismos técnicos competentes relacionados.

En conclusión, es posible señalar que este cuerpo legal considera al territorio consecuentemente con los diferentes niveles administrativos de gobierno que a su vez poseen un ámbito o jurisdicción propia en la que actúan; y, ajustado a dicho niveles, se conforma una estructura territorial para la gestión del riesgo de desastre. Luego, en términos conceptuales, el desarrollo del proceso de planificación, así como los instrumentos de gestión que establece la Ley N° 21.364 se circunscriben en la Gestión del Riesgos de Desastres (GRD); mientras que los IPT se inscribe en la Reducción de Riesgo de Desastres (RRD) según las definiciones que establece la Ley. Y por último que la citada ley, define como nuevos instrumentos los Mapas de Amenaza que deben ser utilizados en los estudios de riesgos de los IPT del nivel intercomunal como comunal.

1.2 MARCO NORMATIVO DE CAMBIO CLIMÁTICO

La Ley Nº 21.455 Marco de Cambio Climático, publicada el 13.06.2022, establece en su Artículo 43 que los instrumentos de planificación territorial incorporarán consideraciones de desarrollo sustentables relativas tanto a la mitigación como adaptación al cambio climático. Estas consideraciones se integrarán al proceso de diseño y en definitiva al proceso de toma de decisión del plan, mediante la aplicación del procedimiento de evaluación ambiental estratégica, conforme mandata la ley.

Este marco normativo, precisa que el Informe Ambiental, documento que reporta la forma en que se han incorporado las consideraciones de desarrollo sustentable al diseño del IPT, deberá ser favorable para continuar con la tramitación del plan, y finalmente ser aprobado para su entrada en vigencia.

Así también establece la obligatoriedad de aplicación de la Guía de EAE para incorporar cambio climático en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial, desarrollada por los equipos de trabajo del Ministerio del Medio Ambiente MMA de la Oficina de Evaluación Ambiental Estratégica, como la División de Cambio Climático, junto a la Subsecretaria de Vivienda y Urbanismo, además de la Subsecretaria de FFAA y la Subsecretaría de Desarrollo Regional SUBDERE.

En consecuencia, la vigencia de esta nueva ley los IPT desde su fase preparatoria de contexto y enfoque de la EAE hasta el diseño de su anteproyecto deberán incorporar criterios de adaptación al cambio climático, es decir en todo su proceso de planificación.

Respecto a los principios, señalados en el Artículo 2º es de especial consideración el principio científico, en tanto inspira el desarrollo de procesos de planificación, en referencia al uso de la base de conocimiento de información científica disponible para el análisis o diagnóstico de los escenarios actuales y futuros, abordando la predicción de riesgo. A saber, los estudios de riesgo de IPT consideran la recopilación, revisión y análisis de la data histórica de la ocurrencia de amenazas y riesgos según sus impactos, para determinar los riesgos en el marco del diseño de instrumentos. No obstante, probablemente con el uso de la inteligencia artificial y el avance del conocimiento científico tecnológico, aplicando este principio, se podrán considerar modelos de análisis predictivos del riesgo, en tanto anticipar y prever lo que posiblemente pueda ocurrir. De esta manera un segundo principio, que orienta la planificación urbana territorial tiene relación con el principio de preventivo, por el carácter prospectivo inherente a los IPT, al definir alternativas de estructuración u opciones de desarrollo futuros según las proyecciones de crecimiento de los sistemas urbanos territoriales en horizontes de 30 años, los que necesariamente se tienen que evaluar cada 10 años. Así en razón a la potestad planificadora de prospectar o proyectar el

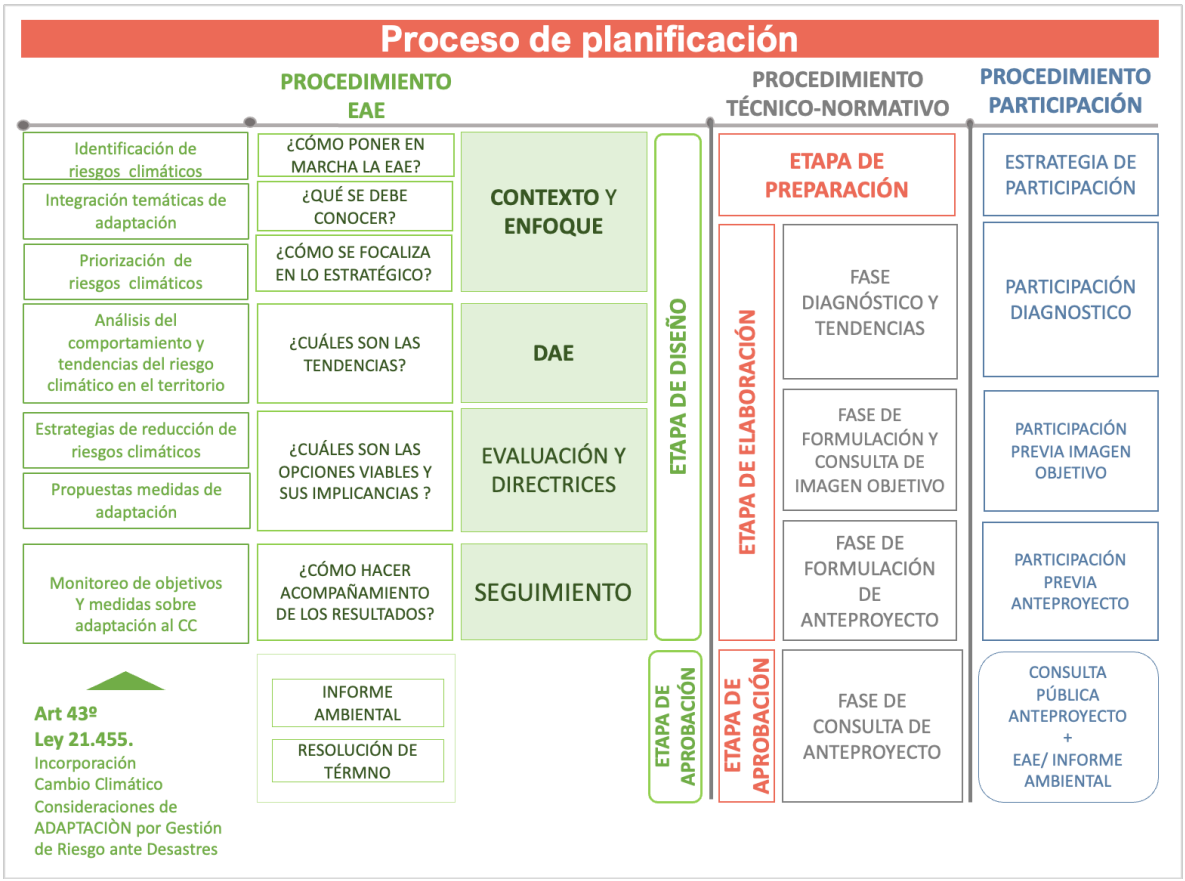
crecimiento y desarrollo urbano, se debe prever y evitar los efectos adversos al cambio climático, según las decisiones del diseño del instrumento, reduciendo sus causas. Un ejemplo de ello, es la incorporación de áreas de extensión urbana según un balance de oferta y demanda de consumo de suelo o las proyecciones de actividades productivas e infraestructura energética de alto impacto conforme la calificación ambiental, que se pueda asociar a emisiones de GEI.

Respecto a las definiciones contenidas en el Párrafo III, Artículo 3º, el proceso de decisión en la planificación es clave en cuanto a su incidencia en adaptación al cambio climático. Ello, por cuanto se considera un proceso de ajuste al clima actual y proyectado, para moderar o evitar daños, reducir vulnerabilidad y aumentar resiliencia de los sistemas urbanos. Así la adaptación como medida o proceso compromete a todo el proceso de planificación, cuyo resultado en términos de diseño del IPT, contribuya a la reducción de la vulnerabilidad y aumento de resiliencia de los sistemas urbanos y territorios. En definitiva, se releva el carácter integral y totalizador del proceso de adaptación incluido al proceso de planificación, contribuyendo en la toma de decisión y con ello en la calidad del diseño del plan como resultado. Ello, comparado al alcance del Estudio de Riesgo.

Según lo expuesto, el IPT se constituye en un instrumento normativo que se relaciona con la mitigación o adaptación al cambio climático del nivel regional, intercomunal y local. Esto considera las normas urbanísticas que tengan por efecto prevenir los riesgos asociados al cambio climático, aumentando la resiliencia climática de los sistemas urbanos territoriales. En resumen, según dicha definición que está contenida en la Ley, el IPT se concibe como instrumento regulatorio a favor de la Gestión del Cambio Climático.

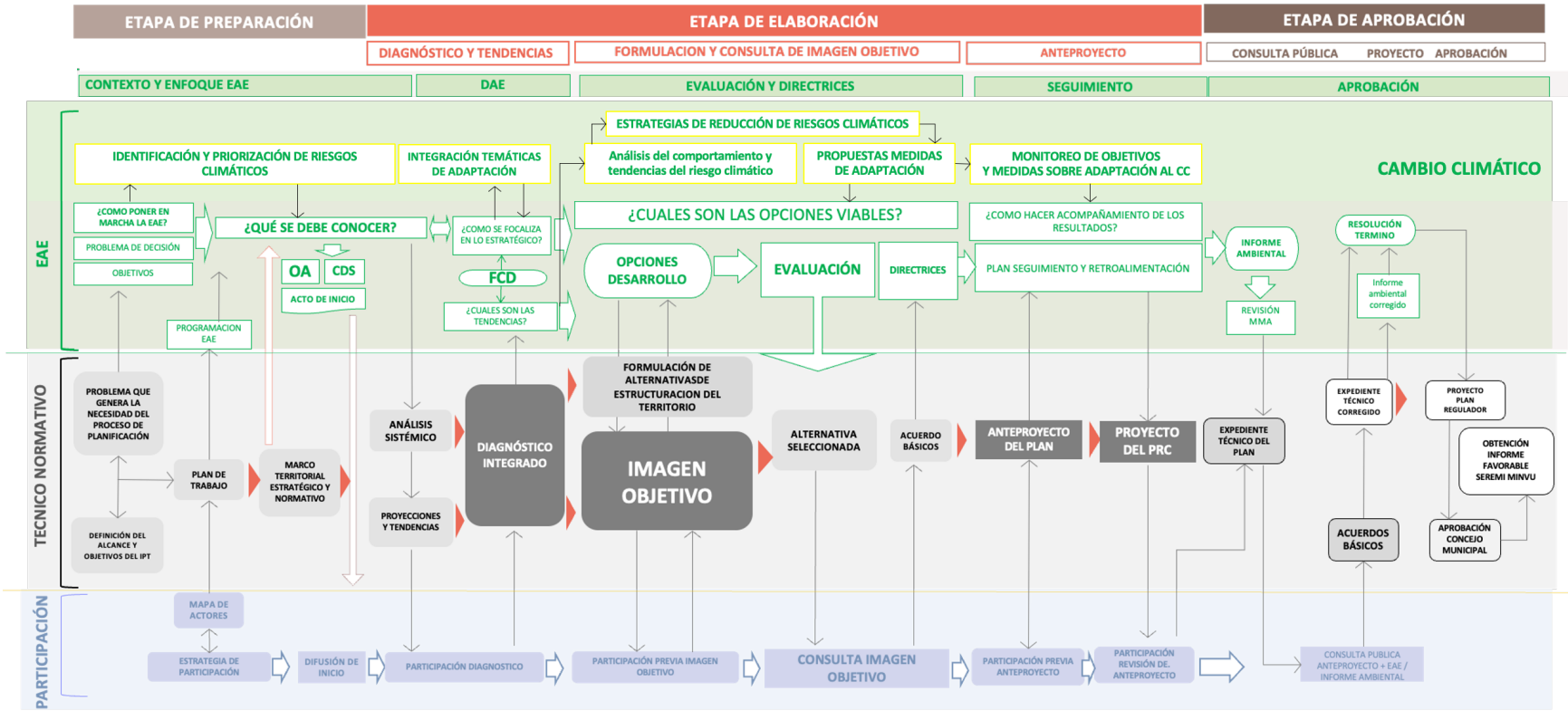
En conformidad al cumplimiento del presente cuerpo legal, la incorporación del cambio climático en la aplicación del procedimiento de EAE de los IPT, implica una serie de consideraciones en el proceso de planificación según la secuencia de cada etapa y fase de preparación y diseño del instrumento. Esto, en términos de identificar y priorizar el riesgo climático en la fase de contexto y enfoque, la integración temática de adaptación en la fase de diagnóstico y tendencias para focalizar en lo estratégico identificando factores críticos de decisión en el diagnóstico integrado. Luego en el análisis del comportamiento y tendencia del riesgo climático en el territorio para establecer estrategia de reducción de riesgos climáticos, mediante el diseño de las opciones de desarrollo u alternativas de estructuración territorial. Se buscaría evaluarla en función de indicadores de reducción de riesgo climático, para orientar la decisión del diseño del anteproyecto del plan, en base a una propuesta normativa de planificación que contribuyera a un desarrollo urbano más resiliente. Finalmente, en la fase de seguimiento, se debe indicar la forma en que se realizara el monitoreo de los objetivos y medidas sobre adaptación al cambio climático, Todo ello según el siguiente esquema explicativo y la integración del cambio climático en el proceso de planificación.

Ilustración 1-3: Correspondencia del procedimiento EAE con integración del Cambio Climático con el procedimiento técnico - normativo y de participación.



Fuente: Elaborado a partir de la Guía de EAE para incorporar cambio climático en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial de MMA 2023, y la DDU 430 del MINVU.

Ilustración 1-4: Proceso de Planificación y la integración del Cambio Climático en el procedimiento de EAE



Fuente: Elaborado a partir de la DDU 430 del MINVU, y los contenidos de la Guía de EAE para incorporar cambio climático en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial de MMA 2023.

1.3 MARCO NORMATIVO DE LA PLANIFICACIÓN URBANA TERRITORIAL

Se presenta el análisis de los antecedentes normativos, conforme lo contenido en el punto 2.2 de las bases que considera el marco de políticas, leyes, reglamentos, dictámenes de la Contraloría General de la República CGR y Circulares DDU, en relación con la componente de riesgo del desarrollo urbano y del territorio.

Primeramente, es dable señalar como aspecto general y materia señalada en el número 24° del artículo 19 de la Constitución de la República de Chile, respecto del derecho de propiedad, que solo la ley puede establecer el modo de adquirir la propiedad, de usar, gozar y disponer de ella, así también las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social. Conforme a esto, la LGUC define que a través de los instrumentos de planificación territorial las normas relativas a dichas limitaciones y obligaciones que afecta el derecho de propiedad derivadas de la función social, asociadas a la normativa sobre áreas de riesgo, declaratorias de utilidad pública y urbanización, entre otras.

Segundo, la legislación de urbanismo y construcciones vigente establece las áreas de riesgo y demás normas urbanísticas conforme los alcances de los instrumentos de planificación, las que se constituyen en facultades tanto para establecer limitaciones como para establecer un ordenamiento afín a la reducción del riesgo ante desastres, según se indica a continuación:

- LGUC Artículo 60 inciso primero, es la fuente legal que permite establecer limitaciones por riesgo. Para ello, otorga las facultades de señalar terrenos no edificables por su naturaleza o ubicación.

- LGUC Artículos 35 y Art 42, en lo relativo a instrumentos de planificación territorial del nivel intercomunal y comunal respectivamente. Cabe consignar que el estudio de Riesgo corresponde a uno de los estudios especiales que acompaña a la memoria explicativa del IPT, como parte de los fundamentos técnicos de las proposiciones del plan. A su vez la memoria Explicativa es uno de los documentos, junto con la ordenanza, planos y estudios de factibilidad cuando corresponda al nivel comunal de la planificación, que constituyen un solo cuerpo normativo entre sí.

- LGUC Artículo 70 establece las disposiciones que regula las cesiones gratuitas de terrenos correspondiente a una norma urbanística aplicable a los loteos y edificación con crecimiento urbano por densificación, para ser destinados a circulación, áreas verdes, desarrollo de actividades deportivas y recreacionales, y para equipamiento. Esta norma puede contribuir a mejorar la resiliencia de áreas urbanas, al permitir la evacuación de sectores expuestos a amenazas, o reducción de vulnerabilidad según las condiciones de los componentes del medio construido, así como las características del medio humano.

- LGUC Articulo 28 decies numeral e) en relación a ser consistentes con los estudios de riesgo y por lo tanto a ser coherentes y estar en coordinación con las políticas sectoriales a cada materia que para el presente caso aplica la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (2020- 2030).

- LGUC Articulo 116 en su inciso séptimo define el total de 17 normas urbanísticas[3] contenidas en los PRC, las que son posibles de aplicar para establecer condiciones y características de las edificaciones y urbanizaciones en las áreas de riesgo, la que en sí misma es una norma urbanística como tal.

- LGUC y sus modificaciones introducidas por la Ley N° 21.078, relativas a estándares urbanísticos, medidas de transparencia del mercado del suelo e impuesto al aumento de valor por ampliación del límite urbano y participación ciudadana en los niveles de planificación Intercomunal y Comunal. Dichas modificaciones determinaron un cambio profundo en los procedimientos de elaboración y aprobación de los Instrumentos de Planificación Territorial, donde es posible destacar la inclusión de cinco artículos de relevancia para estos efectos:
    - 1) Artículo 28 quáter, que establece los estándares urbanísticos mínimos para los IPT del nivel comunal, que, en términos de superficie y accesibilidad a áreas verdes como equipamientos, así como continuidad y conectividad de espacios públicos destinados a circulaciones, contribuya a la seguridad y resiliencia urbana.
    - 2) Artículo 28 quinquies, que establece normas urbanísticas supletorias en zonas urbanas que no estén normadas por un PRC o Plan Seccional.
    - 3) Artículo 28 sexies, que establece un plazo para actualización de IPT de 10 años de conformidad con lo que señale la OGUC, lo que en gran medida determina los cortes temporales de los IPT en su seguimiento.
    - 4) Artículo 28 octies que define los procedimientos de aprobación de la Imagen Objetivo de los IPT y sus modificaciones.
    - 5) Artículo 28 decies, que refiere a la potestad de planificación y establece principios y alcances, y además que los IPT deben ser consistentes con los estudios técnicos de riesgo, entre otros. Específicamente, en lo que respecta a la inclusión en la Ley de este artículo 28 decies, la preceptiva viene a establecer las funciones en el ejercicio de la potestad planificadora, precisando la supervigilancia de una serie de aspectos que pasan a formar parte de las materias que la planificación urbana debe procurar en el ejercicio de la función pública que le corresponde. Si bien estas funciones tienen un carácter general y abarcan aspectos muy distintos en el marco de la planificación, es relevante destacar el literal c) del segundo inciso que refiere a los principios a los cuales se sujeta el proceso de planificación y que son correspondientes con los señalados en la Política Nacional de Desarrollo Urbano: cohesión territorial y eficiencia energética sustentando fundamentalmente su quehacer en el uso de suelo. Finalmente, dentro de lo tratado en el mismo artículo 28 decies, es importante señalar lo concerniente al literal e) que refiere a que el ejercicio de la planificación deberá ser consistente con los estudios técnicos, entre los cuales se incluye los estudios de riesgo.

Tercero, los artículos que definen esa regulación se basan en la determinación de normas urbanísticas, acorde al nivel de complejidad del sistema urbano objeto de planificación (según tamaño, emplazamiento, diversidad funcional, rol entre otros aspectos). Así también

[3] entre las cuales precisa las áreas de riesgo, como aquellas disposiciones que afecten a edificaciones, subdivisiones, fusiones, loteos o urbanizaciones en lo relativo a usos de suelo, cesiones, sistemas de agrupamiento, coeficientes de constructibilidad, coeficientes de ocupación de suelo o de los pisos superiores, superficie predial mínima, alturas máximas de edificación, adosamientos, distanciamientos, antejardines, ochavos, densidades máximas, franjas afectas a utilidad pública, las que refieren a la componente de riesgo en cuanto a carga de ocupación del territorio como de sistemas de evacuación.

es dable señalar que los fundamentos técnicos de las diferentes normas urbanísticas pudieran corresponder a su grado de incidencia en la reducción del riesgo de desastres o también a su contribución a la conformación de una ciudad más resiliente[4]. En este sentido las normas urbanísticas se definen a partir de las características del territorio sujeto a planificación, considerando especialmente la consecución de la imagen objetivo que se define como hito decisional del proceso de planificación. Por ello, se podrá asumir la reducción del riesgo de desastres como criterio que oriente dicho proceso de toma de decisiones, así como la mayor adaptación al cambio climático para la resiliencia urbana[5]. Lo anterior, conforme al mayor conocimiento de las causas que corresponden a las amenazas naturales como antrópicas, las que se conocen según probabilidad de ocurrencia con el avance del conocimiento de experto científico - técnico. No obstante, frente a dichos fenómenos, se pueden orientar las decisiones de diseño del plan, según los mayores o menores niveles de exposición de los asentamientos humanos y sus condiciones de vulnerabilidad todo lo que determinará sus niveles de riesgo admisible, como resultado del proceso de planificación. Los artículos que se consideran incidentes en los aspectos precitados son:

- OGUC Artículo 2.1.17., define la facultad a los IPT para definir áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos, y tipos de áreas de riesgo que pueden ser incorporadas en esos instrumentos de planificación. De esta manera, entre las materias que regula un Plan Regulador Comunal según el Artículo 2.1.10. y Art 2.1.10.bis se encuentra la norma urbanística referida a la zonificación, en zonas, subzonas, sectores o una porción específica del territorio, correspondiente a la definición de dichas áreas de riesgo pudiendo señalar las condiciones o prevenciones que se deberán cumplir en cada caso.

  En términos de zonificación para la delimitación en el territorio se establecen las áreas de riesgo, como disposiciones específicas correspondiente a una de las Áreas restringidas al desarrollo urbano, junto con las zonas no edificables. Es dable considerar que, para efectos de la regulación de un territorio sujeto a planificación, el territorio se encuentra dividido entre otras en áreas de riesgo, pudiendo identificar sectores o porciones específicas del territorio correspondientes a parte de una subzona, en las cuales se podrá establecer una norma de aplicación específica. La delimitación de las áreas de riesgos y si correspondiese a niveles de subzonas o sectores al interior de ellas, deberá quedar claramente graficada en los planos del instrumento. Por su parte, garantizando principios de coherencia debe quedar consignada en el estudio de riesgo anexo a la memoria explicativa los criterios que se tuvieron en cuenta para su definición, claridad que deberá garantizar su interpretación certera para la aplicación de la norma urbanística correspondiente.

  Cabe señalar que las áreas de riesgo definidas en los IPT, mediante un estudio fundado, se identifican con el propósito de limitar las construcciones por motivos de seguridad contra desastres originado por amenazas naturales o antrópicas. Consistentemente con dicha condición o determinación de áreas de riesgo, se establecerán las normas urbanísticas según el ámbito de acción propio a cada nivel

[4] Objetivo de la Política Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastre 2020- 2030.
[5] Eje estratégico 3 de la Política Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastre 2020- 2030. Principio de Resiliencia entre los principios rectores de la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2014, definiendo la resiliencia como la capacidad de nuestras ciudades y sistemas de centros poblados para sobreponerse a los desastres naturales entre otros.

de planificación intercomunal o comunal, pudiendo discriminar según el grado de consolidación urbana o características de ocupación del territorio afecto. Las normas urbanísticas se pueden aplicar en las zonas urbanas con áreas de riesgo o en las zonas de riesgos[6] que se identifican en el IPT, una vez que se cumplan los requisitos de mitigación establecidas en el inciso quinto del precitado artículo 2.1.17., siendo relevante su definición acorde a su nivel de aptitud para acoger actividades humanas, conforme a exposición de los elementos del medio construido y a las condiciones de vulnerabilidad.

- OGUC Artículo 2.1.30., respecto al tipo de uso de suelo Espacio Público, que considera el sistema vial, plazas, parques y áreas verdes públicas en su calidad de bienes nacionales de uso público, por cuanto el plan puede tanto reconocerlos como aplicar la disposición legal de declararlos. El propósito es procurar su delimitación graficando con precisión sus límites y las nuevas áreas que declara por aplicación del artículo 59 de la LGUC, como afectas a declaratoria de utilidad pública. En este punto es importante considerar que el principio de Seguridad de la Política Nacional de Reducción de Riesgo de Desastre señalado para el desarrollo de los sistemas urbanos, proporciona los fundamentos técnicos para la definición de los usos de suelo de espacios públicos, considerando su correspondencia con áreas de riesgos o disposición de nuevas vías de evacuación como zonas de seguridad disponibles ante ocurrencia de catástrofes.

  De esta manera según lo dispone el Artículo 2.1.10. bis referirá a las características de los espacios públicos de iluminación, aceras, bandejones, todas las necesarias para contribuir a una expedita evacuación en casos de emergencias, pudiendo ser necesario fijar la exactitud de dichos trazados mediante planos de detalle, los que pueden servir de base esencial para los planos de evacuación que desarrollen las municipalidades en sectores o áreas con mayor exposición a amenazas.

  Así también el tipo de uso de suelo áreas verdes cuando no son bienes nacionales de uso público, según Artículo 2.1.31. de la OGUC, puede constituirse en un fundamento técnico particularmente para las zonas de seguridad al poder dotarlas hasta un 20% de su superficie con edificaciones que sean complementarias y que pudiesen ser habilitadas con equipos de atención de emergencia temprana a la vez.

- LGUC Artículos 59º y 59º bis para la identificación de terrenos afectos a utilidad pública para parques, plazas y vialidad estructurante según las categorías correspondientes a cada nivel de la planificación ya sea intercomunal como comunal. Estos se determinan según criterios urbanísticos entre los cuales podría citarse la aptitud, superficie, localización, pero también la definición o la configuración futura de un sistema de espacios públicos, cuyos atributos de continuidad, jerarquía y/o legibilidad pueden contribuir a la resiliencia y seguridad de las áreas urbanas o centros poblados.

  Esto es una de las facultades propias de los IPT más relevantes por sus efectos en la estructuración del territorio, por cuanto permite generar una dotación futura de espacios públicos, supliendo déficits significativos de suficiencia en términos de cobertura y localización de áreas verdes públicas. Su regulación se ajusta a lo

[6] La Circular DDU 398 (modificada por la DDU 440) señala en su punto 3.2.2.1. que las áreas de riesgo pueden definirse como áreas de riesgo superpuestas a la zonificación, o directamente como zonas.

dispuesto en el Artículo 59º bis, identificándose como terrenos para tales fines. De la misma manera que los terrenos con uso de suelo de espacios públicos definidos anteriormente según las disposiciones del Artículo 2.1.30., una vez expropiados o cedidos y por ende constituidos en bienes nacionales de uso público, podrán desempeñar funciones de evacuación, a favor de la seguridad y resiliencia de los centros poblados. Lo mismo aplicaría para la vialidad estructurante de nivel intercomunal como comunal, para los efectos de identificar terrenos afectos a utilidad pública para mejorar las condiciones de desplazamiento y circulaciones en áreas urbanas o territorios sujetos a planificación. En este sentido cabe señalar que esta atribución de los IPT puede contribuir significativamente a generar, conformar y/o desarrollar un sistema de movilidad urbana sostenible, que contribuya a una gestión eficiente de prevención, mitigación y respuesta ante el riesgo de desastres.

- OGUC Artículos 2.2.5. y 2.2.5. bis, regulan las cesiones a que se refiere el artículo 70 de la LGUC, definiendo, además, la proporción de frente y fondo de las superficies a ceder como áreas verdes, dispuestas en sentido transversal respecto al espacio público circundante con un solo frente dispuesto a éste.

  Normas urbanísticas relativas a determinar las intensidades de ocupación de uso de suelo en las zonas expuestas a algún tipo de amenazas. Las normas urbanísticas podrían fundamentarse técnicamente con el estudio de riesgo, al requerir mejorar los sistemas de evacuación de sectores con alto niveles de exposición frente a amenazas o con alta vulnerabilidad (que exigiría elaborar planes de emergencia o de evacuación temprana). Esto a la par de incrementar los estándares de superficie de áreas verdes o espacios públicos y sus efectos beneficiosos al desarrollo de la vida urbana. Para ello, el control de dichas intensidades de ocupación es una medida fundamentada en la memoria explicativa para efectos de incrementar la resiliencia de los sistemas urbanos.

  Entre estas normas se considera importante determinar, con criterios de resiliencia y seguridad conforme las características del territorio sujeto a planificación, el coeficiente de constructibilidad aplicable en las áreas de riesgos que se determinen. Cabe considerar que en el cálculo de dicho coeficiente se descuentan las áreas declaradas de utilidad pública, (según el artículo 1.1.2. de la OGUC) para la determinación del máximo de superficie a construir en un determinado terreno. Por su parte se deberá considerar los beneficios de aumento de constructibilidad que establece la LGUC por fusión de terrenos y conjunto armónico(Artículos 63º, 107º, 108º y 109º) por sobre la norma establecida por el respectivo IPT, para considerarlos al momento de determinar fundadamente la norma según la aptitud del territorio, su habitabilidad y las probabilidades de ocurrencia, así como la intensidad y/o magnitud de las amenazas que pueden estar expuestos los terrenos en las zonas, subzonas, o sectores afectos. Se debe tener presente que hay otra norma que permite aumentar la constructibilidad sin límite, que es el artículo 6.1.8. de la OGUC, pero solo en el caso de conjuntos de viviendas económicas.

  Así también, dejando sin aplicación los beneficios anteriores, se podrá determinar la intensidad de ocupación del territorio en relación a la aptitud por condiciones de riesgo o exposición a la probabilidad de ocurrencia de amenazas, mediante la aplicación de incentivos conforme el Art 184º de la LGUC y el Artículo 2.1.10. bis de la OGUC en el caso de los PRC para generar cesiones, incrementando los espacios públicos o de libre tránsito que contribuyan a la función de evacuación en la etapa de

respuesta de la gestión del riesgo de desastre a la que correspondería este tipo de incentivos normativos.

En este mismo sentido pudiesen contribuir las normas de coeficiente de ocupación de suelo, al fijar el máximo de superficie a construir en el nivel del primer piso o del suelo o del terreno natural.

Por su parte la superficie predial mínima aplicable al proceso de división del suelo, se podrá regular considerando cualquier tamaño expresamente cuando la zona, sub zona, sector o porción de terreno se encuentre expuesto a amenazas, o integre un área de riesgo. conforme a la OGUC, artículo 2.1.20. La OGUC establece, además, las mismas facultades de regulación para establecer superficies prediales mínimas de cualquier tamaño, en los casos de terrenos con pendientes promedio superior al 20%, los que podrían asociarse según los resultados de estudios de riesgos a amenazas de remoción en masa o deslizamiento o inestabilidad de taludes o laderas.

Otra de las normas que incide en la intensidad de uso es la densidad máxima establecida sobre el uso de suelo residencial destino vivienda permitido en los PRC, la que deberá ser coherente con las disposiciones que establezcan los IPT del nivel intercomunal relativa a dar cumplimiento a la densidad promedio y máxima diferenciadas por sector o comunas. No obstante, considerando los mismos principios de seguridad y resiliencia, o reducción de vulnerabilidad o exposición a amenazas según sea el caso, se deberá tener en consideración las disposiciones generales de incremento de densidades establecidas por los respectivos Planes Reguladores según lo establecen los Artículos6.1.8. y 6.2.5. de la OGUC, en el caso de conjuntos de viviendas económicas.

- Cabe considerar que los incentivos ya señalados precedentemente de normas urbanísticas que introdujo la Ley N° 20.958 vigente desde el 2016, sobre el sistema de aportes al espacio público, permite dar cumplimiento a condiciones que induzcan o mejoren las condiciones de sustentabilidad urbana, infiriendo entre ellas, por cierto, la reducción de daños como efectos de ocurrencia de desastres ante una mejor gestión de reducción del riesgo.

- OGUC Artículos 2.3.1., 2.3.2. y 2.3.3., que otorga las facultades para definir la red vial pública conforme trazado, características físicas y operativas para conducir las circulaciones propias a las dinámicas de desarrollo o funcionamiento de los sistemas urbanos. Un primer aspecto es la definición del rol de la vía de circulación, según función principal en coherencia a sus parámetros de diseño. La definición de terrenos o espacios para circulación, debe considerar los estándares técnicos requeridos en términos de diseño para el normal desplazamiento de los distintos modos en que se expresa la movilidad urbana, ya sea motorizada como la no motorizada, que refiere a disposiciones normativas y estándares contenidos en el Artículo 2.3.2. de la OGUC, en relación a la jerarquía de las vías de circulación.

  El propósito es aportar al tratamiento de los perfiles de las vías, según la configuración del espacio público y el rol o vocación de la vía de circulación que integra la vialidad estructurante del plan; considerando orientaciones de diseño para la conformación de vías de evacuación frente a exposición de riesgos; además de vías de tránsito calmo en contexto de sectores patrimoniales, o cascos centrales, o distritos comerciales o de negocios; corredores de transporte público y/o red de

ciclovías, entre otros. En síntesis, conforme a dicha definición entre las características para la seguridad es la continuidad funcional, así como la capacidad de desplazamiento, la distancia mínima entre líneas oficiales, como el ancho mínimo de aceras, las que habría que garantizar en el diseño del proceso de planificación para la gestión del riesgo de desastre.

El ancho mínimo de una vía tendrá una relación directa a su capacidad de desplazamiento con fines de evacuación ante ocurrencia de diferentes amenazas probables. Por esto, es de especial relevancia fundamentar desde la perspectiva de gestión del riesgo desastres las decisiones de planificación en lo relativo a aperturas o ensanches, con resultado en un ancho proyectado entre líneas oficiales, para dar cumplimiento a las disposiciones mínimas establecidas.

No obstante, hay disposiciones que atentan contra dicha función de garantizar una adecuada evacuación conforme la capacidad de las vías de circulaciones existentes. La primera es la posibilidad de asimilación de la categoría de vías existentes (inciso 2º Artículo 2.3.1.) esto es, asignarles una clase que no cumplen con los anchos mínimos, u otras características de diseño, físicas u operacionales que la OGUC determina. La regularidad es considerar anchos menores que no alcanzan para asimilar vías de mayor jerarquía funcional u operativa a la faja disponible. No obstante, la misma disposición pudiese utilizarse a favor de la mayor seguridad ante eventos catastróficos, al asimilar características físicas operativas y anchos mayores a categorías menores para la clasificación de la vía. Este criterio normativo, tiene directa relación con la segunda disposición que incide en la capacidad de evacuación, al momento de definir la categoría de vía por su relación directa con la escala de equipamiento que enfrenta según las clases permitidas, y con ello su carga de ocupación.

En consecuencia, y desde la perspectiva de la respuesta eficiente para evacuación de zonas afectadas por desastres resulta útil, no solo disponer de una vía en términos de continuidad y anchos, sino considerar la definición de luna red vial para dicho propósito, sin perjuicio que esta misma red y su categorización tengan relación directa en la localización del equipamiento en los predios que enfrentan. Al respecto, lo dispuesto por el Artículo 2.1.36. de la OGUC define 4 escalas de equipamientos según cargas de ocupación que varían en un rango desde 250 personas para equipamientos de escala básico a más de 6.000 personas para equipamientos de escala mayor. Esta carga de ocupación está directamente relacionada con la categoría de vía que se defina para integrar la red vial, previendo particularmente la clasificación por este aspecto en las vías que cruce las áreas de riesgo. Así también, es relevante consignar que conforme al Artículo 2.1.36. que se dispone de la facultad de admitir equipamiento de mayor escala en vías de menor categoría, lo que puede atentar al logro de principios y objetivos de seguridad y resiliencia para la gestión de reducción del riesgo. No obstante, estas tres disposiciones (Artículos 2.3.1., 2.3.2. y 2.3.3.) asociadas a la definición de la vialidad estructurantes y la relación directa con la carga de ocupación de los equipamientos que enfrenten dichas vías, son especialmente importantes de prever en términos de su definición en las áreas de riesgos delimitadas por el propio IPT según las condiciones de cada territorio.

- LGUC Artículo 105º letra i), considera el rol de una vía, correspondiente a las vías de seguridad con el propósito de constituirse en calles que faciliten la evacuación de las personas frente a la Gestión de Reducción del Riesgo de Desastres (GRRD) ante una

amenaza de origen natural o antrópico, como por ejemplo amenaza de Tsunami en los casos de asentamientos y ciudades costeras. Así una vía de evacuación, es una ruta desde un punto de la zona de amenaza de tsunami hasta la zona de seguridad, definida por cada municipio en los planos de seguridad (MINVU/ ONEMI, 2016) [7]. No obstante considerar que, en ciudades no costeras, pueden estar afectas a otros riesgos producidas por amenazas de origen natural, como inundaciones por proximidad a lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de aguas no canalizados, napas freáticas, avalanchas, rodados, aluviones, o erosiones acentuadas, o actividad volcánica, río de lava o fallas geológicas.

Del mismo modo algunas vías podrían cumplir también un rol de "vías aluvionales", en referencia a lo dispuesto en letra i) del artículo 105 LGUC para el escurrimiento de las aguas. Los planes respectivos consultan la planificación de los puntos de encuentro, con consideraciones para la planificación respecto a la elección de los puntos, sus requerimientos mínimos, y la capacidad mínima sugerida según cargas de ocupación por destino de uso de suelo. Así también considerar en la planificación de la red vial estructurante de circulaciones la definición de las vías de evacuación, para cuyos efectos se considera siempre el espacio adecuado para el desplazamiento peatonal y el consecuente cálculo de evacuación de una vía.

Específicamente respecto a la facultad normativa de los PRC para el otorgamiento de incentivos en las normas urbanísticas (Artículo 184, LGUC) se podrá fomentar la apertura de espacios privados al libre uso o circulación peatonal, así como al tránsito público, en razón al desarrollo operativo de planes de evacuación ante una emergencia para la gestión de reducción del riesgo de desastres. En este caso el plan puede precisar específicamente en que parte o porción del territorio serán aplicables este tipo de incentivos útil para hacer eficiente la operación de estas vías como vías de evacuación. Esto regulando el desarrollo de los espacios públicos o el mejoramiento de los ya existentes, y todo lo que induzca al mejoramiento de los niveles de sustentabilidad urbana concepto que comprende la reducción de riesgo de desastres.

Las normas contempladas en el artículo 105 de la LGUC corresponden a los estándares que la Ley le faculta establecer a la OGUC, y mientras esto no ocurra, como es el caso de lo dispuesto en el literal i), en conformidad al principio de vigencia de las normas de derecho público, queda sin efecto los nuevos estándares exigibles a las obras de urbanización y edificación, sin perjuicio a la obligatoriedad de las normas contenidas en el texto de la ley.

Cuarto, y sin perjuicio de restricciones o limitaciones antes referidas, existen normas con incentivos y/o beneficios normativos que pueden establecerse a través de los IPT, introducidos por la Ley N° 21.078 de Transparencia del Mercado de suelo entre otras materias. Asimismo, se establecen disposiciones relativas a mitigaciones directas, cesiones de suelo y la creación de un sistema de aportes orientadas a la provisión y mejoramiento de la movilidad y los espacios públicos, mediante la Ley N° 20.958 de Aportes al Espacio Público.

[7] UNISDR. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009. Disponible en www.eird.org.

Por su parte en el caso de la Ley N° 20.958 de Aportes al Espacio Público, establece un sistema de aportes al desarrollo del sistema de movilidad y espacios públicos, el que, bajo el principio de universalidad, todos los proyectos inmobiliarios tanto públicos o privados deberán mitigar, en una proporción equivalente a sus externalidades y calculadas según métodos objetivos y en base a predicciones y plazos predefinidos y estandarizados. La ley establece el cumplimiento alternativo de las cesiones, a través de aportes al espacio público, los cuales servirán para materializar las obras contenidas en los Planes de Inversión en Infraestructura de nivel comunal e intercomunal. El artículo 175 y siguientes del Capítulo III, refieren a un sistema de aportes como alternativa para el cumplimiento de las cesiones obligatorias que derivadas del artículo 70 de la LGUC, por parte de los proyectos que conlleven crecimiento urbano por densificación. Adicionalmente, la ley mandata a los municipios (con la asistencia técnica de las Seremis MINVU y de Transporte, y de SECTRA) a elaborar Planes de Inversiones en Infraestructura de Movilidad y Espacio Público de nivel comunal. Los de nivel comunal deben ser elaborados las Seremis MINVU y de Transporte. Dichos planes deberán contener una cartera de proyectos, obras y medidas incluidas en los IPT, que se expresan en una cartera de proyectos priorizada y planos.

La concordancia del Plan de Inversiones con el instrumento de planificación territorial es fundamental, y se expresa en dos aspectos sustanciales que se encuentran considerados en los IPT. Por una parte, las definiciones relativas a declaratorias de utilidad pública o afectaciones de uso que es importante materializar para garantizar el adecuado cumplimiento de los requerimientos que se señalan en los fundamentos del Plan Regulador, entre los que podrán considerarse los principios de seguridad[8] y resiliencia[9] consignados como materia de política pública. Un segundo aspecto, es la existencia de un marco de referencia estratégico que incluye políticas, planes y proyectos sectoriales considerados para la formulación del IPT, lo que puede traer incidencia en la priorización de la cartera de proyectos.

Por último, respecto a este misma Ley N° 20.958, se introduce en los artículos 183 y 184 del Capítulo IV de LGUC, aquellas materias relativas a los incentivos en los instrumentos de planificación. Cabe considerar que las condiciones para acceder a los incentivos normativos según las disposiciones precitadas, no es posible cumplirlo con cargo al cumplimiento de las obligaciones que derivan de la dicha ley y a las obras posibles de mitigación que pudieran contemplarse en los Planes de Inversiones de Infraestructura de Movilidad y Espacio Público (PIIMEP).

Así también, en lo relativo al alcance de los temas de riesgo, cabe señalar que incorpora la referencia de equipamientos públicos aludidos en los artículos 183 y 184 ya mencionados, por cuanto no es una categoría que en la actualidad se encuentre descrita en las clases contenidas en el Artículo 2.1.33. de la OGUC, a diferencia de los que se entiende por equipamiento comunitario que se asocia directamente a un destino de clase equipamiento social. Equipamiento que pueden tener un rol importante para la fase de emergencia del ciclo del riesgo y, en consecuencia, podría entenderse por equipamiento público, aquel que se orienta a las necesidades básicas de la población, cuya provisión y equidad de acceso debe ser garantizada por el Estado, y que se encuentran citados como bienes públicos urbanos en la Política Nacional de Desarrollo Urbano PNDU. Entre ellos, pudieran considerar como

[8] Principio rector de la PNRRD, indicando que "*Las acciones realizadas en todo el ciclo de GRD deben enfocarse en prevenir nuevos escenarios de riesgo y mitigar los existentes, con el compromiso de todos los sectores y actores de la sociedad*".
[9] Principio rector de la PNDU, indicando que *"Nuestras ciudades y sistema de centros poblados deben ser capaces de sobreponerse a las adversidades, a los desastres naturales y a las crisis económicas"*.

relevantes para la GRRD-según las clases de equipamientos contenidas la OGUC, son los de: seguridad, deporte, cultura, salud y educación.

En cuando a las facultades legales de establecimiento de normas urbanísticas concordante con la determinación de áreas de riesgo en los IPT, es dable señalar que, respecto a las decisiones de planificación relacionadas, se encuentra la definición de los usos de suelo que sean compatibles. Esto, a fin de no incrementar las vulnerabilidades en zonas expuestas a amenazas, entre otros criterios posibles de considerar para la definición de norma urbanística en cada caso.

Todo lo anteriormente señalado en lo que respecta a las facultades privativas de los IPT para establecer normas urbanísticas, con herramientas muy significativas y efectivas para incrementar la resiliencia de los sistemas urbanos. Esto, toda vez que permiten alcanzar objetivos de planificación entre los cuales, según cada contexto de territorio, puede establecerse reducir el riesgo ante la probabilidad de ocurrencia de desastres, como medida de control de daños e incremento de la resiliencia urbana.

1.4 POLÍTICA NACIONAL DE DESARROLLO URBANO

La Política Nacional de Desarrollo Urbano, establece integrar en los IPTs el concepto de "reducción de riesgo de desastres", y a determinar reglas objetivas para el emplazamiento de edificaciones en áreas de riesgo.

Así también, entre los objetivos de la PNDU[10] se considera formular un instrumento de planificación que desarrolle la regulación desde la formulación de normas urbanísticas acorde al ámbito de competencia de un IPT, y conforme la legislación vigente y a la jurisprudencia generada, y en conjunto con un plan de inversiones coherente y una agenda de gestión para su desarrollo urbano comunal; las que se desarrollan en forma complementaria, pero que en forma articulada constituyéndose, en su conjunto, como una herramienta para orientar el desarrollo urbano y territorial de un área del territorio comunal o regional sujeto a planificación. Esto, aprovechando las oportunidades de cada contexto territorial, sea este, comunal, intercomunal o regional, a favor de su desarrollo local, en el marco de la sustentabilidad urbana y ambiental.

Desarrollar un acápite de gestión e inversión, en forma complementaria e interrelacionada a la elaboración del Plan Regulador que corresponda, y que emana del proceso de planificación, como recomendaciones para la gestión del riesgo de desastres y la identificación de potenciales obras, proyectos o medidas de inversión que cumplan una función tanto en la prospectiva del riesgo, como en la dimensión correctiva y/o reactiva, frente a la necesidad de reducir las condiciones de vulnerabilidad ante desastres de una comunidad, comuna, intercomuna o región.

[10] Política Nacional de Desarrollo Urbano, Acápite 5 Institucionalidad y Gobernanza, Objetivo 3— Sistema de planificación integrado. 5.3.4. Sistema único de Instrumentos de Planificación Territorial. Instrumentos asociados a sistemas de financiamiento, programas de inversión pública y capacidades de gestión. d. Los instrumentos deben ser apropiados a las distintas realidades de los territorios y localidades del país, incluyendo aspectos propios de la ruralidad y situaciones intermedias sub-urbanas o semi-rurales. Incluidas las localidades apartadas o de menor población y los territorios especiales como los bordes costeros marítimos, lacustres y fluviales, las islas, las zonas precordilleranas o altiplánicas y las áreas fronterizas o estratégicas.

En este sentido dadas las normativas que emanan directamente del diseño del instrumento de planificación territorial, como de la propuesta de obras, medidas o proyectos de seguridad del Plan de Inversión en movilidad y espacio público, así como las recomendaciones en materia de gestión de planes de evacuación o emergencia o alerta temprana, éstas consistirán en una secuencia combinada y articulada de normas, obras, acciones o medidas que potencien el desarrollo urbano comunal; otorgando al proceso de planificación el carácter concertado, participativo e integral que exige la reducción de las condiciones de riesgo. Este enfoque, en consecuencia y según lo establece el PNDU en materia de Gestión de Riesgos, es coherente a la necesidad de complementar capacidades y recursos, para avanzar hacia un desarrollo sostenible, toda vez que da cuenta del conjunto de decisiones administrativas para implementar planes con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales, como peligros de origen antrópico. En síntesis, se concibe también un estudio de Riesgo como componente de un IPT, que relaciona las decisiones de planificación / regulación en materia de reducción de riesgo en el ámbito tanto intercomunal como comunal, con las decisiones de inversión y gestión.

1.5 POLÍTICA NACIONAL PARA LA RRD

En Chile, y como avance para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el Marco de Acción de Hyogo, se promulga la Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres. Este documento plantea sus objetivos en torno a cinco ejes fundamentales:

1. El fortalecimiento de la institucionalidad, de manera que la reducción de riesgo de desastres sea una prioridad en todo el territorio nacional;
2. El fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y alerta temprana, lo que permitirá contar con información de calidad para la oportuna toma de decisiones
3. El fomento de la cultura de la prevención y autocuidado, porque a la luz de la experiencia sabemos que una comunidad educada y preparada constituye la mejor herramienta de prevención
4. La reducción de los factores subyacentes del riesgo, de manera que tengamos una adecuada planificación territorial que tome en consideración los riesgos presentes
5. El fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante las emergencias, lo que implica una mejor coordinación institucional (ONEMI, 2014).

En este sentido, se reconoce que el riesgo de desastres es la consecuencia de la interacción entre una (o varias) amenaza y una serie de características que hacen que la población se encuentre expuesta y vulnerable ante éstas. Por lo tanto, la consideración de los contextos culturales socioeconómicos de los territorios expuestos a amenazas de origen natural, socio-natural o antrópico[11] es de relevancia para comprender la manifestación del riesgo de desastre, así como el entendimiento de que en función de los contextos socioculturales y económicos la percepción del riesgo es diversa, así como también la explicación de los distintos factores que subyacen al riesgo (UNISDR,2009).

Por otra parte, el marco conceptual del riesgo establecido en la Política Nacional y Plan Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre se considera como una base fundamental para la comprensión de los componentes del riesgo en el contexto nacional. Esta Política,

[11] La caracterización de diversas familias de amenazas según su origen se aborda en el próximo punto.

aprobada en 2016, entrega un marco-guía que permite desarrollar una gestión integral del riesgo de forma intersectorial, en conformidad a la legislación vigente Ley Nº 21.364 y Ley Nº 21.455. Así también se enmarca dentro de los acuerdos internacionales más relevantes y a los que el país suscribe, como el marco de acción de Hyogo de 2005, el marco de Sendai de 2015 y la Agenda 2030 de Objetivos de Desarrollo Sostenible, de 2016.

Las principales definiciones conceptuales emanadas de la Política Nacional, y su consecuente Plan Nacional, se sintetizan en las siguientes definiciones:

- **Desastre:** Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.
- **Riesgo de Desastres:** Posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro.
- **Amenaza:** Evento físico y/o natural, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.
- **Exposición:** La población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales.
- **Vulnerabilidad:** Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de las amenazas.
- **Riesgo:** Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.

2 MARCO CONCEPTUAL

Se desarrolla el presente marco conceptual, sentando los enfoques actuales de la gestión de riesgo de desastres y las oportunidades de un desarrollo sostenible fortaleciendo la planificación urbana territorial de carácter pública. De esta forma, la planificación coopera con el enfoque integral de la gestión de riesgos de desastres, junto con la adopción de visiones sistémicas y de interacciones complejas para abordar las problemáticas que compromete el desarrollo sustentable de la ciudad y el territorio.

2.1 ACUERDOS INTERNACIONALES SUSCRITOS POR CHILE

En la Gestión de Riesgo de Desastres orientada a la protección de personas, y sus bienes, salud, medios de vida y bienes de producción, cultural y ambiental, podemos referirnos especialmente al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015 - 2030); COP 21 – Acuerdo de Paris 2015, Hábitat III y ODS 2030. Los marcos de referentes internacionales de acuerdos suscritos por Chile, abarcan cuatro dimensiones que comprometen a actuar para mejorar la forma en que se habita el territorio y en consecuencia pone en relieve la formas de interacción del individuo en sociedad con su medio y entorno. Dichas dimensiones refiere junto y de manera interrelacionada con la Gestión de Riesgo de Desastres, al Desarrollo Sostenible, Cambio Climático y el Desarrollo Urbano propiamente tal.

Ilustración 2-1: Marco de referentes internacionales de acuerdos suscritos por Chile.



Fuente: Elaboración propia en base a la PNRRD 2020.- 2023, anexos acuerdos internacionales.

1. Un principio rector del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015 - 2030), es comprender el riesgo e invertir en su reducción para la resiliencia. Los instrumentos de planificación territorial según el marco normativo en Chile, son los instrumentos conducentes de manera más efectiva a la reducción de riesgo de desastre, para la implementación de medidas consecuentes con sus disposiciones.

2. Por otra parte, a nivel de objetivos, se identifican los de la Agenda 2030 para un Desarrollo Sostenible, 3 Objetivos para un Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con las metas globales e indicadores del Marco de Sendai para la RRD, cuales son:

    - ODS 1. Fin de la pobreza reduciendo considerablemente el número de personas afectadas, fallecidos, o desaparecidos y las pérdidas económicas causadas directamente por los desastres, en especial atención a los entornos de mayor vulnerabilidad, para lo cual se prioriza el desarrollo de estrategias de reducción de riesgos de desastres especialmente a nivel local.
    - ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles, inclusivos, seguros, y resilientes, que implica lograr la meta planteada a nivel mundial de reducir el número de personas fallecidas y desaparecidas atribuido a los desastres, por cada 100.000 habitantes. Esto junto con reducir las pérdidas económicas directas atribuidas a los desastres en relación con el producto interno bruto mundial incluyendo daños por desastres a Infraestructura crítica e interrupción de servicios básicos. Ciudades y comunidades resilientes, en función al número de países que adoptan y aplican estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 y particularmente gobiernos locales que adoptan y aplican dichas estrategias en consonancia con las estrategias nacionales.
    - ODS 13. Acción sobre el clima, adoptando medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, evaluado según el número de personas directamente afectadas, heridas o enfermas atribuido a los desastres, por cada 100.000 habitantes. Se suma también como indicador el número de personas cuya vivienda ha sido dañada, o destruida atribuido a los desastres, o cuyos medios de vida se vieron afectados o destruidos, atribuido a los desastres. Por cierto, al igual que el objetivo de ciudades resilientes, la acción sobre el clima, compromete alcanzar metas como el mayor número de países que adoptan y aplican estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

3. A nivel de iniciativas o estrategias, el Plan de Acción Regional de las Américas en el periodo 2015- 2030, identifica medidas como lineamientos orientados a su implementación y acuerdos regionales y subregionales, en coherencia con la Reducción de Riesgos de Desastres (RRD) y el cambio climático. El plan de acción da la primera prioridad a la comprensión del riesgo de desastres, condición necesaria para evaluación, prevención y mitigación, así como elaborar y aplicar medidas de preparación y respuesta eficaz ante la ocurrencia de desastres. La segunda prioridad recae en el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo para su gestión eficaz y eficiente. Para ello se plantea la necesidad no solo de contar con objetivos, planes, competencia y coordinación, sino una participación con los actores claves. En consecuencia, el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres, es una acción que pudiese adoptar cuerpo en los procesos de participación de la planificación, toda vez que se promueve los acuerdos, alianzas mecanismos de colaboración y resolución de conflictos para avanzar en el diseño de los instrumentos para su final aprobación y aplicación.

Al contexto de acuerdos internacionales se suma el desarrollo del informe 'Evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastre - *GAR 2015*' (UNISDR[12], 2015), que establece los factores subyacentes del riesgo (FSR), como los procesos tanto naturales como sociales que inciden de manera determinante en el nivel del riesgo de desastre en una comunidad, territorio y tiempo dado. Estos factores son necesarios de abordar para una gestión eficiente del riesgo, teniendo un carácter estratégico por su incidencia en la mayor o menor consecuencias de niveles de riesgo previsibles. De esta forma, pudiesen constituirse en materias, enfoques, premisas o factores claves a considerar en los procesos de diseño de IPT.

Los conceptos que se consideran útiles para comprender los factores subyacentes del riesgo, según los antecedentes internacionales de la UNISDR, ya que corresponden a procesos que determinan la vulnerabilidad y en consecuencia las condiciones de riesgo de desastres de una sociedad, son: cambio climático, degradación ambiental, desarrollo económico globalizado, pobreza y desigualdades, urbanización acelerada y no planificada además de una gobernanza débil. En consecuencia, se presenta a continuación la definición general de estos factores que se seleccionan por ser especialmente atingentes de considerar en el desarrollo del proceso de planificación y como parte de los estudios de riesgo de los IPT:

Cuadro 2-1: Factores Subyacentes del Riesgo identificados por UNISDR

FSR	Definición UNISDR
Cambio Climático	Alteración de las frecuencias e intensidades normales de las amenazas, cambiando los patrones usuales de exposición a las amenazas y afectando con ello la vulnerabilidad entre otros. Por ello, se reconoce como un factor que incide en el incremento del riesgo.
Degradación ambiental	Reducción de la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ambientales claves para la mitigación del riesgo de desastres. En términos generales es la reducción de la capacidad del medioambiente para soportar funciones sociales y ecológicas. Este elemento se considera tanto un factor subyacente como una consecuencia de los desastres.
Desarrollo económico globalizado	Los actuales procesos de desarrollo económico global han incidido en una creciente polarización y segregación de ricos y pobres a escala global, incidiendo en un aumento de la vulnerabilidad y la exposición de ciertos grupos sociales, así como el aumento de la localización de bienes económicos en zonas bajo amenaza.
Pobreza y desigualdades	Tensión en la capacidad de las comunidades vulnerables para gestionar el riesgo y aumentar sus capacidades de resiliencia, tanto a escala global como local. A escala global se considera que los procesos que encadenan la pobreza al riesgo de desastre son consecuencia directa de las desigualdades e inequidades sociales, y a escala local la pobreza se considera tanto un factor subyacente como una consecuencia del riesgo de desastres.

[12] Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres.

FSR	Definición UNISDR
Urbanización acelerada y no planificada	Exposición no prevista de los nuevos desarrollos urbanos ante las amenazas caracterizada por un incremento de las vulnerabilidades en urbanizaciones, resultado de una nula o escasa planificación urbana. Lo anterior, en un escenario global de crecientes concentraciones de población y actividades económicas en áreas urbanas, y la acción antrópica en la generación de riesgo.
Gobernanza débil	Los actores públicos no logran asumir completamente sus roles de protección de derechos, provisión de servicios, y gestión efectiva del sector público en ámbitos de desarrollo social, urbano, y ambiental, tensionando el desencadenamiento de otros factores subyacentes. Este escenario se caracteriza por una institucionalidad débil, lo que se relaciona con el mayor riesgo.

Fuente: Sistematizado a partir de UNSIDR a través de www.preventionweb.net, 2018.

Por su parte, el último informe de Evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastre GAR 2019[13] junto con dar cuenta de los avances logrados, pone énfasis en los contextos socio ambientales como detonadores del riesgo, así como los desafíos para la gobernanza al considerar no solo mayores fenómenos de peligros o amenazas, sino escenarios de riesgos más complejos y sistémicos. Frente a ello la propuesta es adoptar esquemas o enfoques innovadores de gobernanza, con participación del Estado, sector privado y sociedad civil, para reducir el riesgo existente (acción correctiva) junto con evitar riesgos futuros (acción prospectiva) incrementando la resiliencia de comunidades y territorios.

2.2 RECOMENDACIONES INTERNACIONALES ADSCRITAS POR CHILE

Los principales acuerdos que da cuenta de un enfoque conceptual asumido respecto a la adopción de medidas por el Plan de Acción Regional, con incidencia directa e indirecta en la planificación territorial, son:

- Naturaleza sistémica del análisis de riesgo, acorde con la teoría de sistemas basada en el método de la decisión racional, inserta en el desarrollo del proceso técnico normativo para la elaboración de los IPT.
- Posicionar la idea que los desastres no son naturales, sino el resultado de las acciones y decisiones humanas.
- Los desastres dependen de tres aspectos: amenazas, exposición y vulnerabilidad. Entre estos aspectos, la vulnerabilidad es la que aumenta o se altera por causa del Cambio Climático.
- Cambio Climático comprendido y definido como un riesgo sistémico que afecta diversos ámbitos de la vida de las personas. Se instala por ello el concepto de "Recuperación Resiliente" correspondiente a la gestión de las capacidades,

[13] https://gar.undrr.org/report-2019.html

identificación de vulnerabilidades, coordinación de gobernanza, financiamiento para la recuperación, vinculación de evidencia e inversión en sistemas y ecosistemas.

- Enfoque multiescalar para evaluar un territorio, esto es en distintas escalas o niveles; dado que sus relaciones e interdependencia de fenómenos y procesos van más allá de un único nivel o escala del territorio.
- La planificación es clave para el control del riesgo frente a la emergencia, ya el proceso de decisión incidirá en las condiciones de los componentes del sistema urbano territorial expuestos, y en consecuencia tendrá relación con los niveles de emergencia según la situación o efectos que generen. La decisión de planificación y la reacción del organismo público en la materia es clave para reducir el riesgo y en consecuencia enfrentar de mejor manera la emergencia.
- Importancia de la planificación en el desarrollo de una región más segura, resiliente, sostenible, justa e inclusiva, como los principios bases y compatibles entre la gestión del riesgo de desastres y la planificación urbana – territorial.
- Integrar el enfoque de gestión del riesgo de desastres a los procesos de planificación urbana territorial, con el propósito de reducir las vulnerabilidades.
- Contribuir a un desarrollo urbano sostenible y a la reducción de la inequidad, considerando la adaptación al cambio climático de los diferentes asentamientos poblados.

Ilustración 2-2: Recomendaciones internacionales relevancia de la Planificación.



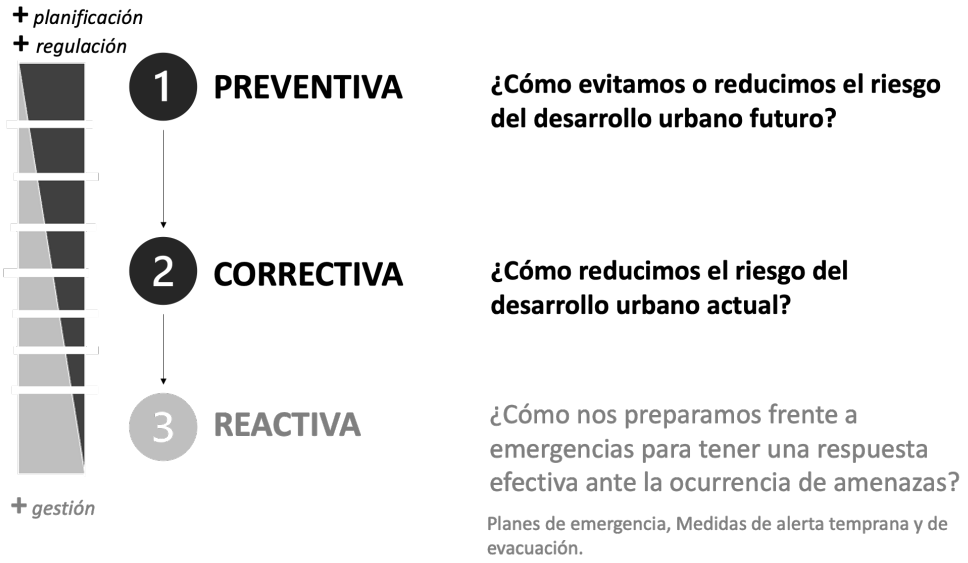
Fuente: sistematización propia a partir de la revisión de los antecedentes.

De esta manera y conforme lo antes revisado, para definir el alcance de la planificación urbana territorial, es necesario considerar acciones prospectivas, que respondan la pregunta ¿cómo planificamos el desarrollo urbano futuro y su crecimiento, evitando o reduciendo el riesgo de desastres? Así también, frente a escenarios de desarrollo urbano ya consolidados, es necesario considerar acciones correctivas que respondan la pregunta ¿cómo planificamos el desarrollo urbano reduciendo el riesgo actual y futuro?, o también ¿Cuál es el riesgo admisible para el territorio o área urbana sujeta a planificación? En este sentido, cabe tener presente que los procesos de planificación son procesos decisionales inherentes a su carácter político.

Finalmente, respecto a los escenarios post catástrofes, las medidas de alerta temprana y evacuación en el ámbito de la gestión entre otras se adoptan a través de planes de emergencia. Esto, como estrategia para alcanzar una mayor preparación frente a las emergencias, siendo coherente con el proceso de planificación a fin de tener una respuesta

efectiva ante la ocurrencia de amenazas, logrando los indicadores, metas y objetivos que plantean los acuerdos internacionales y marcos de acción en esta materia.

Ilustración 2-3:Gestión del riesgo y alcance de la planificación mediante análisis prospectivo del riesgo.



Fuente: Elaboración propia en base a la revisión de los antecedentes.

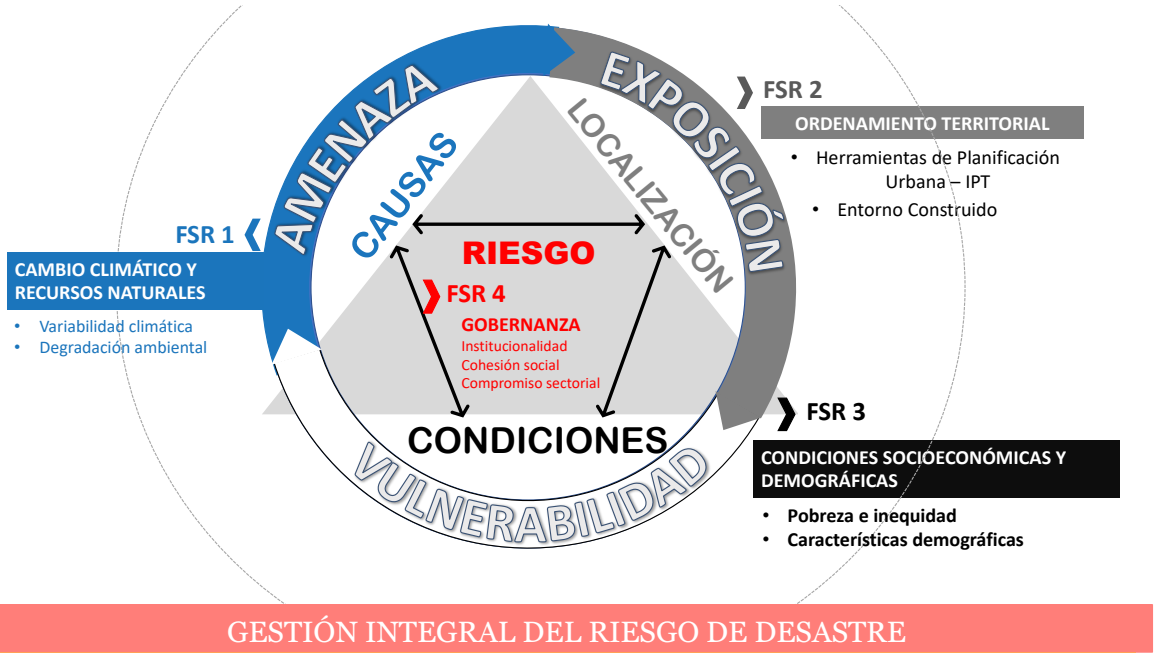
Así, el conjunto de recomendaciones se orienta a integrar el enfoque de gestión del riesgo de desastres a los procesos de planificación urbana territorial, con el propósito de reducir: la exposición frente a amenazas y las vulnerabilidades.

Finalmente, para la gestión eficiente del riesgo en Chile, el órgano multisectorial de la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastre[14], ha incorporado una serie de planteamientos referentes a los Factores Subyacentes del Riesgo, lo que ha decantado en la instalación de una **metodología para la evaluación de factores subyacentes a escala municipal**[15]. Los factores considerados surgen a partir de la incorporación sistematizada de las definiciones del Informe de Evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastre GAR 2015[16] sobre factores subyacentes del riesgo de desastres para su aplicación al contexto nacional. Así los factores subyacentes se asocian a los componentes del riesgo según la definición conceptual, respecto a la interacción entre amenazas (causas), exposición (localización) y vulnerabilidad (condiciones). Esta interacción entera un proceso tanto de factores naturales como antrópicos o sociales y territoriales que se definen como tales por su incidencia de forma determinante en la existencia de riesgo de desastre como se señaló precedentemente. Por lo cual resulta gravitante la evaluación de los factores subyacentes del riesgo, entre los cuales cabe señalar los que son abordables en el proceso de planificación y que refiere a las dimensiones de ordenamiento y condiciones demográficas y socio económicas asociadas tanto a la exposición como a la vulnerabilidad.

[14] Órgano asesor de ONEMI constituido en 2012 para la promoción de la RRD.
[15] Identificación de los Factores Subyacentes del Riesgo de Desastres. ONEMI, 2017.
[16] Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. (UNISDR, 2015).

Del mismo modo la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha desarrollado un Manual para la Evaluación de Desastres que ofrece una metodología para la estimación de los efectos del desastre sobre los acervos (daños) como sobre los flujos (pérdidas y costos adicionales), a lo que se suman los impactos económicos, sociales y ambientales. Esta metodología puede ser aplicada también a escenarios prospectivos, es decir a "escenarios simulados de destrucción" con el fin de elaborar, en el Estudio de Riesgo del IPT, una estimación del valor probable de pérdidas sociales, económicas y ambientales, con el fin de evaluar el riesgo admisible o tolerable para el territorio o área urbana sujeta a planificación que se contemplará en el diseño del respectivo plan, y así calibrar más certeramente las recomendaciones de otras medidas y acciones necesarias para la gestión del riesgo de desastres.

Ilustración 2-4: Triángulo del Riesgo y sus FSR



Fuente: sistematización propia a partir de la revisión y análisis de los antecedentes.

2.3 CONCEPTOS DE REDUCCIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN CHILE

2.3.1 Gestión del Riesgo de Desastres

Es el proceso continuo de carácter social, profesional, técnico y científico de la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas, regulaciones, instrumentos, estándares, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la RRD, con el propósito de evitar la generación de nuevos riesgos de desastres, reducir los existentes y gestionar el riesgo residual. También considerará, además de la organización y gestión de los recursos, las potestades y atribuciones que permitan hacer frente a los diversos aspectos de las emergencias y la administración de las diversas fases del ciclo del riesgo de desastres (PNRRD 2020- 2030).

Tal cual se señaló en el marco normativo, el proceso de planificación genera conocimiento y adopta decisiones concretas para la reducción de riesgo de desastres. La finalidad del proceso de planificación, en razón a su naturaleza prospectiva, define escenarios de desarrollo urbano según horizontes de crecimiento, y alternativas de estructuración del territorio u opciones de desarrollo que respondan a la organización del crecimiento de los sistemas urbanos en un marco de sustentabilidad. De esta manera, el proceso de planificación que combina procedimientos técnicos – normativo, participativo y de EAE, posibilita la gestión del riesgo de desastre, en términos que, al planificar el territorio, ordenar su desarrollo se puede evitar la generación de nuevos riesgos incorporando las consideraciones del cambio climático, y reducir los existentes a través de la regulación de las intensidades de uso de suelo, ocupación y edificación.

2.3.2 Reducción de Riesgo de Desastres

La actividad orientada a la prevención de nuevos riesgos de desastres, la reducción de los riesgos de desastres existentes y a la gestión del riesgo residual, todo lo cual contribuye al desarrollo sostenible del país (PNRRD 2020- 2030).

El instrumento de planificación territorial se constituye en una herramienta, cuyas disposiciones normativas se pueden orientar a la prevención y reducción de riesgos futuros y existentes. Para ello el diseño del instrumento en sus hitos de decisión tendría que considerar indicadores para la evaluación de alternativas y la reducción de riesgo, para orientar la elaboración del plan, así también restringir o controlar la exposición de personas o elementos del medio construido a amenazas y reducción de vulnerabilidad.

2.3.3 Amenaza

a) Definiciones generales

En la legislación nacional, **Amenaza** se define como un fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente (Art 2, literal a, Ley 21.364).

Debido a que el estudio sistemático de las amenazas ha tenido una evolución relativamente reciente en el mundo (unos 30 años aproximadamente desde el Informe Brundtland), y aún más en Chile, es que se pueden encontrar estudios, guías, informes, publicaciones, entre otros, que utilizan indistintamente los conceptos de Amenaza, Peligro y Riesgo, a pesar de que estos no son sinónimos. Uno de los objetivos de esta guía es proponer y convenir un lenguaje común en este aspecto, amparado en la Ley 21.364, por lo que en adelante solo se utilizará este concepto de Amenaza.

Según este mismo cuerpo legal se entiende por **Mapas de Amenaza** "a los instrumentos que identifican las áreas expuestas al efecto directo o indirecto de una amenaza, cuya representación gráfica es una zonificación simple realizada a través de diversas metodologías y variadas escalas según la amenaza. La elaboración, validación y actualización permanente de los mapas de amenazas estará a cargo de los organismos técnicos correspondientes según sus competencias, establecidos en el literal b) del artículo 38" (Art 35, Ley 21.364).). La cartografía de la amenaza (el mapa) es un componente fundamental en los estudios de amenazas y riesgos ya que permite reconocer su distribución espacial

Los **Órganos de administración del Estado competentes en esta materia, según la ley, corresponde a los organismos técnicos para el monitoreo de las amenazas** que incluyen a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) o su sucesor legal, el Centro Sismológico Nacional (CSN), la Dirección General de Aguas (DGA), la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Bomberos de Chile, la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) y los demás que señale el reglamento (Art 38, numeral b), Ley 21.364).

A partir de las dos definiciones anteriores, se entiende que para elaborar un mapa de amenaza es necesario realizar una zonificación simple de la misma (Art 35, Ley 21.364). En el contexto de esta guía metodológica, la **zonificación de la amenaza** se define como la delimitación de zonas que identifiquen las áreas expuestas al efecto directo o indirecto de una amenaza, a partir de ciertos criterios metodológicos debidamente presentados y justificados, y que además entregue una categorización de dichas zonas según distintos **niveles de amenaza**. Dichos criterios y niveles se deben obtener a partir de la susceptibilidad de la amenaza, o bien, según la peligrosidad.

Por su parte, los **niveles de amenaza** corresponden a categorías que comparan el grado en el que un área determinada está expuesta a ser afectada por alguna amenaza particular, ya sea con base en los resultados de susceptibilidad o peligrosidad.

Para hacer referencia al proceso de análisis de la amenaza, en esta guía se utiliza el concepto de **evaluación de la amenaza**, que implica la realización de una serie de actividades, como son la identificación de las amenazas presenten en el territorio analizado, su caracterización física, espacial y temporal, y la definición de los niveles de amenaza.

b) Definiciones especificas por tipo de Amenazas

A continuación se presenta una síntesis de lo que se desarrolla en detalle en el Anexo 2 Métodos de Evaluación de la Amenaza.

i) Amenazas sísmicas

Un sismo, es el resultado de la liberación de energía en forma de ondas que ocurre durante el proceso de ruptura en una falla geológica. Esta energía se acumula debido a los esfuerzos en la litósfera y se libera cuando estos superan la resistencia de la falla.

Aproximadamente el 10% de la energía liberada durante el proceso de ruptura se transfiere en forma de ondas sísmicas, siendo está la manifestación más reconocida del fenómeno. El resto se libera en forma de calor, ruptura de rocas, deformación del material en la falla y desplazamiento o movimiento en la misma falla.

Estos eventos generan diversos efectos sobre la superficie terrestre que son considerados amenazas sísmicas. Para efectos de la planificación territorial, las dos principales amenazas que se pueden analizar son: (1) rupturas superficiales de la falla y/o (2) efecto de sitio, que responde a la amplificación de las ondas sísmicas que se propagan por el medio a causa de condiciones particulares del sitio en particular.

Estas dos amenazas pueden distribuirse espacialmente en función de la cercanía de la zona de ruptura donde ocurre el sismo. Así, si se está cerca del plano de ruptura del sismo, se puede tener afectación por la ruptura superficial de la falla, mientras que, si se está lejos, la afectación estaría dada principalmente por el efecto de sitio.

En particular, la **ruptura superficial de falla** resulta de la activación de una falla geológica y que afecta la superficie del terreno, generando cambios directos e inmediatos a la traza de la falla en la superficie del terreno. Este fenómeno puede provocar daños significativos en las estructuras afectadas.

Por su parte, los materiales terrestres que son propensos a sufrir el **efecto de sitio** corresponden a depósitos y roca altamente meteorizada o masas inestables, como depósitos de remociones en masa, coluvios, materiales aluviales en general y especialmente aquellos de granulometrías finas. Estos materiales logran amplificar el movimiento sísmico en la superficie, pudiendo generar graves daños en las construcciones e infraestructura que están sobre ellos.

ii) Amenazas volcánicas

Los volcanes corresponden a zonas en la corteza terrestre donde el magma alcanza la superficie. Existen distintos tipos de volcanes, cuyas morfologías y tipos de erupciones, se relacionan con el contexto geológico, composición química del magma y con su propia historia eruptiva.

Los volcanes se consideran geológicamente activos cuando han tenido, al menos, una erupción en los últimos 11.700 años (Holoceno) o bien, cuando, sin certeza de esto último, presentan signos de actividad como desgasificación, sismicidad o deformación del terreno.

Existen diversos tipos de productos que son emitidos durante una erupción y que son considerados amenazas volcánicas. A continuación, se describen cuatro de los principales.

Caída de piroclastos: material emitido al aire durante erupciones explosivas que son arrastrados por los gases calientes propios de la columna eruptiva o, que también, es eyectado a partir de explosiones en el centro de emisión, y que luego cae a la superficie terrestre por gravedad. Los fragmentos pueden ir desde los 0,001 mm hasta más de 10 m. En función del tamaño se clasifican en ceniza (<2 mm), lapilli (2-64 mm) o bomba/bloque (>64 mm). La caída de piroclastos finos o ceniza puede afectar grandes áreas y a un gran número de personas ya que son transportados por el viento. Por otro lado, las bombas y bloques siguen una trayectoria balística parabólica y pueden alcanzar distancias de hasta 10 km desde el origen de la erupción (sin embargo, normalmente su alcance es de unos 5 km).

Corrientes de densidad piroclástica (PDC, por sus siglas en inglés): son flujos controlados por la gravedad formados por gas y rocas volcánicas fragmentadas. Se transportan por las laderas del volcán a velocidades de entre 10 y 100 km/h, con temperaturas que pueden superar los 700 °C. Pueden ser gatilladas por diversas causas como: colapso gravitacional de una columna eruptiva, colapso gravitacional de un domo o lava silícea empinada, explosiones freatomagmáticas (en las que interactúan las rocas volcánicas calientes con agua externa), explosiones laterales, o por interacción de flujos de lava con nieve o hielo en volcanes de flancos empinados, entre otras. Estas corrientes han sido tradicionalmente llamadas flujos piroclásticos, pero en la actualidad la comunidad

científica los denomina PDC ya que así se pueden caracterizar de mejor manera sus diferentes comportamientos a causa de la variabilidad en su densidad.

Según las diferencias de densidad, en general se dividen entre PDC diluido y PDC concentrado. A los más diluidos, es decir más ricos en gases, se les llama **oleadas piroclásticas**. Son extremadamente móviles (alcanzan velocidades de decenas a centenas de km/h, y excepcionalmente incluso pueden llegar hasta los 500 km/h) y producen depósitos finos, con espesores centimétricos a decimétricos. A los PDC más densos se les llama **flujos piroclásticos**, y su desplazamiento está controlado por la topografía, por lo que generalmente avanzan por valles o zonas de bajas altitudes.

Flujos de lava: corresponde a roca fundida emitida por un volcán durante una erupción, con temperaturas que van desde los 650 °C a los 1200 °C. Las lavas pueden fluir y alcanzar distintas distancias a una gran variedad de velocidades (desde pocos metros a decenas de km/h) lo que depende de su composición, temperatura, tasa efusiva, viscosidad, densidad y de la topografía de la superficie por la cual se desplazan.

Lahares: corresponden a flujos de detritos formados por agua y material volcánico suelto. Para que se formen lahares debe haber agua, abundante material volcánico suelto y pendientes favorables, lo cual puede ocurrir en lugares de lluvias intensas tropical y/o con presencia de glaciares y lagos. Los lahares usualmente se desplazan por los cauces que descienden por laderas volcánicas y pueden alcanzar distancias de decenas a centenas de kilómetros desde su origen.

Los lahares pueden ocurrir durante una erupción (lahares primarios) o después de una erupción (lahares secundarios). Los **lahares primarios** pueden formarse de distintas maneras: por la erupción explosiva de un lago ubicado en un cráter, por el derretimiento de nieve y/o hielo provocado por lavas o flujos piroclásticos, o por la movilización de depósitos de tefra a causa de lluvias intensas. Los **lahares secundarios** pueden ocurrir horas, años o miles de años después de una erupción y pueden formarse por removilización de depósitos de tefra por lluvias intensas, deslizamientos en laderas de volcanes que se encuentran alteradas por actividad fumarólica durante lluvia torrencial, o por caída de material volcánico represando lagos.

iii) Amenazas de inundaciones

Una **inundación** corresponde a la ocupación por agua, más o menos repentina, de terrenos habitualmente secos. Dependiendo del sistema dominante en que ocurren las inundaciones, estas se pueden clasificar como inundaciones terrestres o inundaciones litorales (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008).

Se debe tener en cuenta que es posible que ocurran combinaciones o situaciones intermedias entre ambas categorías, dependiendo del territorio analizado (por ejemplo, un río en condición de crecida que no pueda desaguar al mar por encontrarse este con altos niveles debido a una tormenta o en situación de pleamar) (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008). Las condiciones ambientales propias del medio (factores condicionantes) pueden potenciar o intensificar las características e impactos de las inundaciones, como son, por ejemplo, algunos parámetros topográficos (pendientes, red hidrográfica, tamaño y forma de la cuenca, entre otros), el tipo de suelo, su geometría o la cubierta vegetal.

El aumento de asentamientos humanos y actividades productivas en llanuras de inundación o en zonas costeras, en conjunto con los cambios en magnitud y frecuencia de las inundaciones por el cambio climático, conlleva un aumento del riesgo por inundaciones (Maranzoni, D'Oria, & Rizzo, 2022).

Las **inundaciones terrestres** ocurren tierra adentro de los continentes por ocupación del terreno por agua dulce. Pueden originarse por desbordes de cauces fluviales o de cuerpos de agua (ríos, esteros, lagos, etc.) o por anegamiento (que a su vez incluye inundaciones pluviales, por surgencia de aguas subterráneas o por elevación del nivel freático).

Las **inundaciones por desborde de cauces** (también denominadas inundaciones fluviales) corresponden a inundaciones debido al aumento de caudal por encima de la capacidad de transporte de un punto o tramo del cauce en cuestión. Es decir, caudales anormalmente altos, que son fenómenos propios del ciclo hidrológico natural (Díez-Herrero et al., 2008; Rojas et al., 2014). También se consideran en esta categoría las inundaciones por desborde o desagüe de lagos u otros cuerpos de agua.

Las **inundaciones por anegamiento** corresponden a inundaciones producto del encharcamiento de zonas llanas o endorreicas. Este encharcamiento puede ser causado por acumulación de la precipitación, por surgencia de aguas subterráneas o por elevación del nivel freático (origen hidrogeológico).

Por su parte, las **inundaciones litorales** (o costeras) ocurren en sectores costeros limítrofes con el dominio terrestre, con ocupación del terreno por aguas marinas o lacustres-palustres (Díez-Herrero et al., 2008). Los aumentos del nivel del agua por encima de sus niveles y variaciones normales pueden ser causados por tsunamis o marejadas.

Los **tsunamis** o maremotos corresponden a una serie de ondas de cuerpo generadas por perturbaciones volumétricas en la masa de agua, cuyos períodos y longitudes de onda son muy grandes, por lo que tienen la energía suficiente para viajar a través de océanos completos(SHOA, 1992). Estas perturbaciones son resultado de sismos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico, derrumbes o erupciones volcánicas submarinas. A medida que estas ondas se acercan a aguas someras se hacen más escarpadas y aumentan en altura, inundando áreas de diversas elevaciones según su tamaño.

En ambientes costeros, donde coexisten distintos procesos físicos asociados a la hidrodinámica y transporte de sedimentos, el oleaje constituye el principal agente modelador y, en este sentido, las **marejadas** pueden definirse como eventos de oleaje extremo (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). De acuerdo con el SHOA, una marejada puede definirse como una "ola larga ocasionada generalmente por una tormenta lejana; tienen por lo común varios centenares de metros de longitud" (SHOA, 1992). Asimismo, se puede agregar que corresponden a perturbaciones meteorológicas inducidas en las condiciones marítimas locales que pueden alterar significativamente la morfología costera (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

iv) Amenazas gravitacionales

En esta guía metodológica se consideran amenazas gravitacionales a dos tipos de procesos: (1) remociones en masa y (2) subsidencia.

Las **remociones en masa** son procesos asociados a la dinámica externa del sistema terrestre y a la evolución del paisaje. Estos procesos incluyen todos los movimientos ladera abajo de una masa de materiales por acción de la gravedad. Normalmente corresponden a roca y/o suelo/sedimento, con una proporción variable de agua, los que pueden además incorporar la cobertura vegetal y elementos antrópicos a su paso. Estos procesos pueden ser de movilización lenta o rápida, de dimensiones variables y son el resultado de la interacción entre una serie de factores condicionantes y otros que actúan como desencadenantes (PMA, 2007; Arenas & Opazo, 2017; Brantt, Pantoja, & Muñoz, 2021).

SERNAGEOMIN utiliza las categorías propuestas por Hungr et al. (2013) complementadas por Muñoz et al. (2021) y las referencias citadas en dicho texto. Estas categorías se detallan a continuación:

- **Caída**: es un tipo de remoción en masa en el cual uno o varios bloques de roca o suelo (bloque, detrito, limo y/o arcilla) se desprenden de una ladera, con un desplazamiento cortante leve o nulo. El material desprendido desciende de forma no cohesiva, principalmente en el aire a través de golpes, rebotes y rodamientos. Suele ocurrir con velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas.
- **Volcamiento**: es un tipo de remoción en masa que incluye el desprendimiento, rotación hacia adelante y volcamiento de roca, suelo o sedimento y que puede continuar, o no, su trayectoria como caída.
- **Deslizamiento**: es un tipo de remoción en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie en la cual se desarrolla una gran deformación cortante y que define un plano de falla en el material.
- **Deformación de ladera**: corresponde a un tipo de remoción en masa que presenta rasgos de deslizamiento, pero sin una superficie de cizalle distinguible; son movimientos lentos a extremadamente lentos y no alcanzan grandes desplazamientos en comparación con las demás remociones en masa ya descritas. Dentro de esta categoría se reconocen los procesos de reptación y solifluxión.
- **Flujo**: es un tipo de remoción en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento mecánico semejante al de un fluido; puede ser extremadamente rápido o lento, saturado o seco. De acuerdo a esta clasificación, las avalanchas son un tipo de flujo que puede movilizar material rocoso, suelo/sedimento e incluso nieve o hielo.
- **Propagación**: corresponde a la deformación de roca, suelo o arcillas producto de la presencia de capas más débiles subyacentes. Pueden ser lentos o extremadamente rápidos.

Por su parte, los procesos de **subsidencia** corresponden a fenómenos en que el material terrestre (roca, suelo u otro) colapsa producto de la acción de la gravedad debido a inestabilidades generadas en capas subyacentes. Estas debilidades pueden darse por disolución, colapso de suelos salinos o calcáreos, u otros.

v) <u>Amenazas Antrópicas por suelos contaminados</u>

Las amenazas antrópicas refieren a Suelos afectados por localización de instalaciones o actividades peligrosas, tales como plantas de almacenamiento, distribución o procesamiento de combustibles; plantas de producción o almacenamiento de gas o derivados del petróleo; fábricas o almacenamiento de productos químicos que sean explosivos o inflamables o que produzcan emisiones peligrosas; fábricas o almacenamiento de explosivos, municiones o similares; centros o instalaciones que contemplen reactores nucleares. Por último, también

considera las áreas o terrenos con suelos abandonados y con presencia o identificación de sustancias contaminantes o peligrosas, deterioro ambiental por actividades humanas extinguidas. Estos tipos de suelos se identifican y establecen estrategias de tratamiento y/o remediación según lo establece la Resolución Exenta N° 406 del 15.05.13 del Ministerio de Medio Ambiente, que aprueba la "Guía metodológica para la gestión de suelos con potencial presencia de contaminantes"

vi) Amenaza Antrópica por incendios forestales

El segundo tipo de amenaza antrópica lo representa la amenaza de incendio por la extensión de plantaciones forestales productivas o no productivas, y bosque nativo. La amenaza de incendio se encuentra sistematizada por parte de CONAF, el que a partir de un análisis multicriterio ha determinado 5 niveles de amenaza por incendios forestales para todo el territorio nacional, considerando los factores de peligros estadísticos según la frecuencia histórica de ocurrencia de incendios; de peligro estructural, según modelo de combustible, temperatura máxima, pendiente y exposición y de elementos de amenaza de elementos del medio construido, poblamiento e infraestructura como la red de caminos, red eléctrica, interfaz, densidad poblacional e infraestructura crítica.

Con dichos factores y variables se han elaborado cartografías que permiten cuantificar la superficie de terreno que clasifica en niveles de amenaza muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo y sin riesgo. Se debe en consecuencia en esta fase preparatoria de identificación de amenazas si el territorio sujeto a planificación o área urbana se encuentra expuesto a niveles de amenaza muy alto, alto o media amenaza según mapas de CONAF.

2.3.4 Exposición

La exposición según la definición de UNISDR corresponde a *"la situación de personas, infraestructura, viviendas, capacidades productivas y otros activos tangibles localizados en áreas de amenaza". (*UNISDR; 2017).

La exposición identifica y dimensiona aquellos elementos localizados o emplazados en áreas de amenaza. Por tanto, es un paso intermedio para definir los niveles de riesgo, interrelacionando la amenaza con la vulnerabilidad.

En determinados contextos socio territoriales, un aspecto relevante de considerar en razón al proceso de toma de decisión de planificación, es admitir mayor exposición a amenaza cuando está determinado un nivel de vulnerabilidad moderado a bajo del sistema urbano. El resultado es una reducción de riesgo, mediante medidas de control para no incrementar la vulnerabilidad de los elementos admitidos como expuestos.

Es necesario considerar que los procesos de crecimiento demográfico, urbanización y desarrollo económico que generan o estimulan la concentración de personas y bienes en determinadas áreas, que pueden quedar expuestos a amenazas en algún grado. Según ello, es relevante reconocer que la exposición es un fenómeno dinámico que cambia temporalmente y entre territorios, según diversos factores socioculturales, normativo-institucionales, ambientales y económicos. En consecuencia, el nivel de exposición buscado (siempre contemplando su reducción y/o control) dependerá del patrón de ocupación del territorio y la localización de elementos del sistema urbano territorial (edificaciones, infraestructuras, instalaciones, espacios públicos, y en consecuencia las personas) que probablemente se verán expuestos por la ocurrencia de amenazas.

En ese sentido, las medidas de exposición no solo debieran concentrarse en saber el número de personas y bienes insertos en áreas expuestas a amenazas con alta probabilidad de ocurrencia, sino también reconocer la capacidad de dichos elementos del sistema urbano territorial para recuperarse, a partir de enfoques cuantitativos y cualitativos. (UNISDR, 2017).

Finalmente, en la Política Nacional de Reducción de Riesgo de Desastres (2020- 2030) la exposición está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas.

Cuadro 2-2: Referencias conceptuales de la Exposición

Definición	Autor	Referencia
Compilación y caracterización de todos los elementos y sistemas (edificios, personas, redes críticas, etc.) existentes en regiones expuestas a amenazas, y que son susceptibles por lo tanto de experimentar daños o pérdidas.	ONU, UNISDR, 2009	Terminología sobre la reducción del riesgo de desastre, UNISDR
La presencia de personas, medios de vida, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse perjudicados por los efectos del cambio climático (IPCC, 2012).	BID. 2019	Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID. (1)
Localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas. Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados emplazados en áreas de amenaza. Es un sine qua non para expresar el riesgo de desastres, transformándose en la componente que permite que la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se traduzca en un determinado riesgo.	PNUD ONEMI, 2020	Guía metodológica para la incorporación enfoque de reducción del Riesgo de Desastres en el nivel municipal. Santiago de Chile. Julio 2020, 152 págs.
localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas.	PNRRD 2020- 2030	Glosario de la Política Nacional de Reducción de Riesgo ante desastre.

Nota de fuentes

(1) Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID (Nota Técnica Nº IDB-TN-01771.Melissa Barandiarán, Maricarmen Esquivel, Sergio Lacambra, Ginés Suárez, Daniela Zuloaga. División de Cambio Climático. Unidad de Salvaguardias Ambientales y Sociales. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. Diciembre, 2019. 421 págs.

Conforme a la revisión del concepto, y en el caso de los instrumentos de planificación territorial, las decisiones estratégicas de localización son claves para el control de los niveles o magnitud de la exposición de elementos del medio humano y construido a las amenazas, para efectos de evitar daños o pérdidas. Esto se traduce en el análisis de los niveles de aptitud para el desarrollo urbano de los diferentes sectores que integra un área de planificación. Las decisiones sobre la delimitación de zonas urbanas o de extensión con mayor exposición a amenazas, en particular cuando se trata de entornos construidos y consolidados, debiesen ser acompañadas de medidas estructurales (obras civiles que el IPT pueda recomendar ejecutar) y no estructurales (Normas urbanísticas, u otros aspectos urbanísticos) de prevención y mitigación.

2.3.5 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad según la definición de UNISDR corresponde a "*las características determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que incrementan la susceptibilidad de un individuo, comunidad, bienes o sistemas, ante los impactos de las amenazas"* (UNISDR, 2017). También se reconoce entre especialistas que la Vulnerabilidad se puede conceptualizar como un factor interno del riesgo, o del sistema expuesto a una amenaza, y que corresponde a su disposición a ser dañado (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002). Al respecto, la vulnerabilidad se reconoce como la dimensión "humana" de los desastres, y resulta de un amplio rango de dimensiones económicas, sociales, culturales, institucionales, políticas y sicológicas que moldean a las sociedades y su ambiente (Twigg, 2004).

Los procesos históricos, políticos, culturales, naturales e institucionales dan forma a las condiciones socio-ambientales con las que los grupos sociales deben lidiar, determinando en gran medida sus niveles de vulnerabilidad y su capacidad de reducirla (IPCC, 2012).

En particular, para reconocer las posibles consecuencias de un desastre sobre el ambiente construido, es de extrema importancia considerar la vulnerabilidad de las construcciones, a fin de entender la respuesta de las edificaciones existentes en específico, así como del sistema de movilidad, infraestructura de servicios sanitarios, energéticos, de transporte, económico- productivo y/o físico- natural, ante un evento como un terremoto (UNISDR, 2013).

En cuanto a la comprensión conceptual y al análisis aplicado del riesgo, la vulnerabilidad es la arista que ha sido evaluada principalmente a través de estimaciones o aproximaciones tendientes a determinar la vulnerabilidad física de las infraestructuras y edificios, dejando de lado aspectos o factores de carácter social que influyen en el riesgo (Prior et al. 2017) [17]. No obstante, es clave una conceptualización más integral de la vulnerabilidad atendiendo a sus dimensiones y factores intrínsecos que explicarían las condiciones de los elementos expuestos a amenazas. Entre ellos se ha señalado que los procesos o estructuras sociales pueden aumentan la probabilidad de afección frente a algún peligro (Prior et al., 2017). Por otra parte, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre de Colombia NGRD (2013), analiza la vulnerabilidad social a partir del nivel de organización y participación que posee una comunidad, ya que se considera que la población organizada es más efectiva y rápida para prevenir y responder ante situaciones de emergencia. Esta entidad señala que la

[17] Prior, Tim; Roth, Florian; Maduz, Linda; Scafetti, Flavia, 2017. Mapping Social Vulnerability in Switzerland. A pilot study on Flooding in Zürich. Risk and Resilience Report, Center for Security Studies (CSS), ETH Zurich.

vulnerabilidad económica está determinada por el nivel de ingresos o la capacidad de la población para satisfacer sus necesidades básicas. Bajo este paradigma, se plantea que una persona presentará una alta vulnerabilidad económica cuando es pobre y cuando no es capaz de satisfacer dos o más necesidades básicas[18]. Por su parte, según Prior et al. (2017) la vulnerabilidad ambiental alude a cómo las personas, los servicios y funciones del sistema u otras dimensiones sociales pueden verse negativamente afectadas por la degradación del medio ambiente, traduciéndose en un mayor grado de exposición a los peligros. Así también, la NGDR (2013) señala que la vulnerabilidad ambiental alude al grado de resistencia del medio natural y de los seres vivos, ante la presencia de la variabilidad climática, aludiendo con ello al concepto de resiliencia.

Dentro de los desafíos en esta materia, para los especialistas, se debe buscar mejorar el concepto de vulnerabilidad y las aproximaciones de las estimaciones de la vulnerabilidad, de tal manera que éstas puedan colaborar en la elaboración de mapas de vulnerabilidad que sean claros y precisos, contribuyendo a colaborar en la elaboración de mapas de riesgo que permitan su mayor comprensión en la sociedad.

Por último, de acuerdo a la Ley N° 21.364, la vulnerabilidad se define como "aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios, a los efectos de las amenazas."

El concepto de vulnerabilidad según las diferentes referencias, tiene como acepción común la noción de condiciones y/o características desfavorables de los elementos de los sistemas urbano territoriales expuesto a sufrir daños o pérdidas, entre los cuales se encuentran las personas. Así también hay un segundo alcance de su significado que refiere a las capacidades de dicho sistema expuesto, al dar cuenta de la aptitud o potencialidad para desarrollar una respuesta favorable frente a la emergencia, lo que implica una posibilidad de afrontamiento. En consecuencia, la vulnerabilidad como condiciones a ser susceptible a sufrir daños, y como capacidad de respuesta ante una emergencia, dando cuenta de la resiliencia del sistema.

A continuación, se presentan las principales referencias conceptuales consultadas ya señaladas precedentemente:

Cuadro 2-3: Referencias conceptuales de la vulnerabilidad

Concepto	Definición	Fuente
Vulnerabilidad	Características y circunstancias de una comunidad, sistemas o bienes que la hacen susceptibles a los efectos dañinos a una amenaza.	ONU 2009 (2)
	Grado en que un sistema es susceptible o incapaz de hacerles frente a los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, de la magnitud y del grado de variación del clima a la que está expuesta un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (Vulnerabilidad climática)	BID 2019 (3)

[18] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, 2013. Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo. Colombia.

Concepto	Definición	Fuente
	Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultados de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 a 1 o pérdida total.	SUBDERE, 2011 (4)
	Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de las amenazas.	Política Nacional y PENRRD 2020- 2030
	Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios a los efectos de las amenazas, (es decir el riesgo) (Art 2, literal e).	Ley Nº 21.364 SENAPRED
Capacidades	Aptitud y potencialidad que posee un individuo, organización, entidad o institución, de índole pública o privada, derivada de las competencias, habilidades, destrezas y entrenamiento de los recursos humanos y materiales especializados, que permitan desarrollar de modo eficaz y eficiente, determinadas funciones, actividades o acciones que son necesarias y ventajosas para contribuir a la reducción del riesgo de desastre en todo el ciclo del riesgo.	PNUD (1)

Notas de fuentes:

(1) PNUD ONEMI Guía metodológica para la incorporación enfoque de reducción del Riesgo de Desastres en el nivel municipal. Santiago de Chile. Julio 2020, 152 págs.
(2) ONU Terminología sobre la reducción del riesgo de desastre, UNISDR 2009.
(3) BID: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID. Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID (Nota Técnica Nº IDB-TN-01771. Melissa Barandiarán, Maricarmen Esquivel, Sergio Lacambra, Ginés Suárez, Daniela Zuloaga. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. Unidad de Salvaguardias Ambientales y Sociales. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres, Diciembre, 2019. 421 págs.
(4) SUBDERE Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial, 2011, 144 págs.

En consecuencia, la vulnerabilidad tiene la doble acepción al considerarse, por un lado, las desventajas del sistema expuesto a amenazas, que conforme a sus características o condiciones lo hacen más susceptible a sufrir daños o pérdidas. Por otro, las ventajas del sistema frente a la exposición y ocurrencia de amenazas, que conforme a esas mismas condiciones o características presenta capacidades para sufrir menos daños.

Desde ese marco conceptual, es fundamental incorporar en la planificación territorial urbana decisiones a favor de la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los sistemas urbanos territoriales. Dichas decisiones de planificación, se orientan a restringir la ocupación y/o usos, con el propósito de disminuir las brechas existentes o a incrementar las capacidades adaptativas de los sistemas, así como a fortalecer a las comunidades, su organización, conocimiento y cohesión. Todas ellas, son parte de las medidas no estructurales que puede recomendar el plan, especialmente en sectores donde se concentran situaciones de deterioro, déficit y vulnerabilidad social.

2.3.6 Riesgo

Existen diferentes concepciones o definiciones, en referencias internacionales como nacionales, las que se citan a continuación:

Cuadro 2-4: Referencias conceptuales del Riesgo

Definición del Riesgo	Fuente	Referencia
Combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.	Oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres, 2009	Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastres.
Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.	Secretaría Interinstitucional de la EIRD, 2004 Naciones Unidas (ONU)	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres, Geneve.
Número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la posible ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo.	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, SUBDERE, 2011.	Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial.
El riesgo específico, es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad		
Posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro.	ONU 2009	
La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas	ONU 2009	
Combinación de la magnitud de las posibles consecuencias de una amenaza y de la probabilidad de que las consecuencias ocurran	BID	División de Cambio Climático, 2019.

Definición del Riesgo	Fuente	Referencia
Es la potencialidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales en un área particular y durante un periodo de tiempo definido, como consecuencia de la interrelación dinámica entre alguna amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a ésta.	PNUD	
Probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) resultado de interacciones entre amenazas de origen natural o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad	Política Nacional y PENRRD 2020-2030	
Actividad orientada a la prevención de nuevos riesgos de desastres, la reducción de los riesgos de desastres existentes y a la gestión del riesgo residual, todo lo cual contribuye al desarrollo sostenible del país.		Ley 21364 SENAPRED

Fuentes: ONU Terminología sobre la reducción del riesgo de desastre, UNISDR 2009.
BID: Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID.
Documento técnico de referencia para equipos a cargo de proyectos del BID (Nota Técnica Nº IDB-TN-01771
Melissa Barandiarán, Maricarmen Esquivel, Sergio Lacambra, Ginés Suárez, Daniela Zuloaga
Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. Unidad de Salvaguardias Ambientales y Sociales. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres, Diciembre, 2019. 421 págs.
PNUD ONEMI Guía metodológica para la incorporación enfoque de reducción del Riesgo de Desastres en el nivel municipal. Santiago de Chile. Julio 2020, 152 págs.
SUBDERE Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial, 2011, 144 págs.
Ley Nº 21364 SINAPRED.

Del conjunto de definiciones antes citadas, se puede concluir:

- El riesgo es una probabilidad de pérdida de vidas, destrucción y daños en un periodo de tiempo dado.
- El riesgo puede aumentar o disminuir de acuerdo a la capacidad de actuar sobre las condiciones de las vulnerabilidades de la población y el territorio expuesto.
- El riesgo considera diferentes niveles de consecuencia perjudiciales, pérdidas o de daño, lo que dependerá de la magnitud e intensidad de la amenaza, de la cantidad de elementos expuestos, y del nivel de vulnerabilidad. No obstante, se considera la causa de la amenaza no sólo en términos de su intensidad o magnitud (niveles altos de amenazas), sino también en su recurrencia o frecuencia (niveles medios altos) que sustenten de igual forma decisiones de planificación en términos de definición de otras normas urbanísticas además de la definición de áreas de riesgo.

- El riesgo no es isotrópico; es decir no tiene una expresión homogénea o similar en el territorio dado que el patrón espacial del riesgo se relaciona fuertemente con la localización de las instalaciones o actividades humanas y con las condiciones de dichas actividades o instalaciones / edificaciones, que determina la vulnerabilidad.
- El riesgo es de carácter emergente y complejo, dado que muchos procesos son de naturaleza, escala y causas diferentes, como el cambio climático y el desarrollo económico global, los cuales generan riesgos constantemente y muchos de ellos imprevisibles.

La referencia a los conceptos señalados precedentemente, busca aportar ideas fuerzas a favor de una comprensión común respecto a qué vamos a entender por riesgo para la planificación urbana territorial.

Respecto a la secuencia del riesgo, cabe señalar que el ámbito de decisión de la planificación territorial se circunscribe al grado de exposición, particularmente frente a la definición de áreas urbanizables o cambios en la intensidad de ocupación de los territorios expuestos; y también el nivel de vulnerabilidad por cuanto se puede actuar sobre las condiciones de los elementos expuestos para reducir la vulnerabilidad y con ello el riesgo como resultado o consecuencia. El ciclo completo de análisis y evaluación del Riesgo nos permite enfrentar la pregunta de ¿es mitigable ese riesgo? ¿cómo podemos mitigar ese riesgo?

2.4 DESAFÍOS DE INTEGRAR LA GRD EN LA PLANIFICACIÓN URBANA

Los desafíos que se abordan en esta Guía metodológica, buscan resolver las debilidades diagnosticadas a partir de los estudios de casos de los IPT y sus estudios de riesgos desarrollados hasta la fecha, conforme la implementación de los procesos de planificación. Así también en consonancia a las modificaciones realizadas a la legislación y reglamentación urbana que introduce cambios al alcance y a la elaboración de los IPT. Ello, aprovechando las oportunidades del actual contexto de políticas públicas y cambios en la legislación favorables para la incorporación de la gestión y reducción de riesgo, así como las consideraciones de desarrollo sustentable en mitigación y adaptación al cambio climático, según el marco normativo vigente.

En consecuencia, los estudios de riesgo según la aplicación de las metodologías para su desarrollo, se orientan conforme los siguientes propósitos:

- Considerar la reducción de la vulnerabilidad física, social o ambiental para orientar el proceso de decisión del plan, toda vez que los IPT se han venido desarrollando preferentemente como estudios de amenazas. Así también deberán integrar modelos de exposición, toda vez que se podrá reducir los elementos expuestos del medio construido, según la localización o emplazamiento en áreas con probabilidad de ocurrencia de amenazas.
- Establecer la norma urbanística respecto a la zonificación asociada al área de riesgo, según los niveles de susceptibilidad, es decir identificando las zonas con el mayor nivel de restricción. Así también, adoptar el criterio metodológico de considerar los diferentes niveles de riesgo, con el objetivo de orientar la práctica urbanística entregando fundamentos para el establecimiento de normas y aspectos urbanísticos

para el caso de los niveles de amenaza altos, medios – altos o medios e inclusive bajos; esto es en toda el área urbana o territorio sujeto a planificación.

- Fortalecer la práctica del urbanismo en la implementación de los procesos de planificación, capaz de responder las preguntas sobre cómo abordar las situaciones de riesgos considerando sus diferentes restricciones o limitaciones. De esta forma, planificar en un contorno de decisión en base a la fundamentación técnica, y al consecuente discernimiento político. Lo anterior, implica establecer en la práctica de la planificación parámetros comunes para definir normas urbanísticas en las áreas expuestas a amenazas. Ello, no obstante ajustarse a las condiciones de cada caso, en específico, según su contexto geográfico- territorial. Una oportunidad mayor, en miras de los mayores desafíos de reducción de vulnerabilidad de nuestros territorios habitados y las metas globales de afrontamiento del cambio climático, es reducir la discrecionalidad política de la toma de decisión ante la evaluación técnica del riesgo. Esto, al momento de sancionar los instrumentos, en lo concerniente a la delimitación de las áreas de riesgo, en la definición de los niveles de amenaza, así también en la definición de la norma urbanística acorde al riesgo que se establece una vez que se cumplen las condiciones que establece el Art 2.1.17 de la OGUC.

- Adoptar criterios técnicos urbanísticos para definir normas en áreas que tengan algún nivel de amenaza. En este punto incrementar la solidez desde la perspectiva de la práctica urbanística, con una línea de argumentación técnica en el nivel intermedio que atraviesa desde la mayor restricción a la ausencia de riesgo. Esto tiene como implicancia en la práctica del proceso de toma de decisión, aportar argumentos y resultados de evaluaciones de diferentes niveles de riesgo, para sancionar las normas urbanísticas específicas en zonas que presentan algún tipo de amenazas. Por ejemplo, la referencia de la norma de un determinado rango de densidad máxima y su relación con un nivel moderado de riesgo, o adoptar criterios técnicos claros respecto a la relación entre la norma de subdivisión predial en términos de establecer parámetros de magnitud adecuados conforme a la pendiente de un terreno, toda vez que está expuesta a riesgo medio alto de remoción o deslizamientos.

- Atender la perspectiva sistémica e integral del territorio, para el establecimiento de una norma urbanística en la definición de áreas de riesgo, toda vez que se ha circunscrito en determinar por un lado la mayor restricción y por otro establecer la mitigación. Es decir, la restricción asociada a prohibir ciertos usos de suelo o a permitir algunos como el uso de suelo de área verde o incluso con mayores limitaciones a su ocupación por los niveles muy alto de ocurrencia de determinadas amenazas. Y la mitigación, que implica delegar la adopción de medidas o la acción de obras de habilitación realizada por los interesados para considerar dicho riesgo en sus construcciones. En definitiva, se pueden establecer los criterios técnicos para definir la gradiente de niveles de amenaza, concordante con el establecimiento de normas urbanísticas según la consolidación de las áreas sujetas a planificación urbana.

- Ligar el criterio técnico al criterio jurídico, mediante el creciente desarrollo de la técnica, todo lo que genera las posibilidades de avanzar consistentemente hacia el cumplimiento de los objetivos de planificación, en cuanto a su contribución para lograr ciudades más seguras, resilientes y sostenibles. Se plantea la necesidad de prevalencia de los criterios técnicos, con sustento jurídico-. normativo, consistente con los criterios de sustentabilidad y/o adaptación a los efectos del cambio climático en el territorio, según el ámbito de acción propio de los IPT, haciendo uso del conjunto de herramientas que poseen para abordar el desarrollo urbano de los

centros poblados. Esto es en la práctica una armonización entre la definición de la norma, y el fundamento técnico acorde al avance del desarrollo de la ciencia y la técnica en el uso de los SIG como herramientas para el manejo de datos urbanos territoriales y el manejo comprensivo de las escalas territoriales para cada nivel de planificación. En otras palabras, el desarrollo de la ciencia avanza a un ritmo acelerado, generando posibilidades de ajustes y sucesivas modificaciones normativas, planteando el desafío de optimizar la implementación de procesos de planificación, o la generación de procesos continuos y permanentes, a fin de adaptarse o responder con sentido de oportunidad.

Así también, los estudios de riesgo no solo definen áreas de riesgo sino también aportan fundamentos para adoptar las decisiones de planificación, que siendo documentos técnicos se constituyen en componente del IPT. Esto en razón a que los Órganos de Administración del Estado responsables de la planificación actúan dentro de su competencia, y en la forma que prescribe la ley. En este contexto, los estudios de riesgo contribuyen a argumentar la normativa aplicable, y a la coherencia del alcance del cuerpo normativo, por los fundamentos técnicos basados en conocimiento de ciencia especializada para sustentar las decisiones de planificación.

El desarrollo de los procesos de elaboración o actualización de los Instrumentos de Planificación, permite identificar claramente cuáles son aquellas herramientas del ámbito de acción propio del Plan y que son utilizadas en la construcción del propio instrumento, en específico para los estudios de riesgos según el alcance de lo prescrito en el Art 2.1.17. de la OGUC y la vasta jurisprudencia al respecto. No obstante, dominando dicho ámbito de competencia también permite dar cuenta de qué forma deben ser utilizadas dichas herramientas para lograr los objetivos de planificación, en particular cuando se trata de reducir el riesgo ante desastres, o aumentar la resiliencia urbana.

La normativa de urbanismo y construcciones en materia de riesgo, debe entenderse como un marco o contorno máximo al cual se debe ceñir la potestad regulatoria, resultando clave la coherencia entre las materias a abordar, con el propósito de reducción del riesgo. Así, conforme al marco normativo y técnico, los estudios de riesgo han demostrado ser efectivos en la reducción de los efectos en el territorio de eventos futuros, en otras palabras, es reducir el daño. Actualmente, en la elaboración de los estudios de riesgo, se aplica una metodología que se ajusta a las particularidades de cada territorio, avalada por criterio de experto, quien es el profesional que los elabora y suscribe.

La implementación del procedimiento de EAE en el proceso de planificación, ha fortalecido en el contexto de la obligatoriedad del principio de coordinación entre Órganos de Administración[19], la relación de los órganos responsables y el conjunto de servicios públicos en el desarrollo de estos estudios, formalizándose procedimientos, pronunciamientos y a la vez, se ha mejorado la participación de los diferentes actores e involucramiento activo en el proceso de planificación.

[19] Cabe mencionar la revisión y análisis de la "Metodología Complementaria para la Evaluación de Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública, División de Evaluación Social de Inversiones, MDSyF diciembre de 2017.

ANEXO 2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO DE LOS PLANES REGULADORES DEL NIVEL COMUNAL E INTERCOMUNAL

INDICE DE CONTENIDOS

1 ANEXO: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA AMENAZA 4
1.1 Amenazas por Inundaciones 7
1.1.1 Descripción general 7
1.1.2 Metodologías 8
1.1.3 Inundaciones por desborde de cauces 10
1.1.4 Inundaciones por anegamiento 14
1.1.5 Inundaciones por maremoto o tsunami 16
1.1.6 Inundaciones por marejadas 18
1.2 Amenazas Gravitacionales 19
1.2.1 Descripción general 19
1.2.2 Metodologías 20
1.2.3 Remociones en masa 29
1.2.4 Procesos de subsidencia 34
1.3 Amenazas Volcánicas 36
1.3.1 Descripción general 36
1.3.2 Metodologías 37
1.3.3 Caída de piroclastos 39
1.3.4 Corrientes de densidad piroclástica (PDC) 40
1.3.5 Lahares 41
1.3.6 Flujos de lava 43
1.4 Amenazas Sísmicas 43
1.4.1 Descripción general 43
1.4.2 Ruptura superficial de falla 44
1.4.3 Efecto de sitio 46
1.5 Amenazas Antrópicas 47
1.5.1 Amenazas por suelos contaminados 47
1.5.2 Amenaza de incendio forestal 57
3 BIBLIOGRAFÍA 62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Métodos para la evaluación de susceptibilidad de generación de Remoción en Masa. 22
Ilustración 1-2: Fases metodológicas para la gestión de suelos contaminados. 50
Ilustración 1-3: Identificación y georreferenciación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes 52
Ilustración 1-4: Ocurrencia de Incendios en Chile. 1964-2016 58
Ilustración 1-5: Daño Nacional Histórico (ha)1964-2016 58
Ilustración 1-6: Tipo de superficie afectada. 59
Ilustración 1-7: Dimensiones, factores y variables para determinar la amenaza de incendio forestal. 59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Clasificación de las amenazas y su correspondencia con el Art. 2.1.17. de la OGUC. 4
Cuadro 1.2 Métodos de análisis de inundación. 10
Cuadro 1.3 Criterios para definir intensidad de inundación por desborde de cauces en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v). 14
Cuadro 1.4 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por desborde de cauces en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante del modelo. 14
Cuadro 1.5 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por anegamiento en función de la altura de inundación (intensidad) y la recurrencia. 16
Cuadro 1.6 Criterios para asignar niveles de amenaza en función de la magnitud de la fuente y la altura de inundación. 18
Cuadro 1.7: Síntesis de métodos de análisis de remociones en masa 21
Cuadro 1.8: Síntesis de los factores condicionantes 30
Cuadro 1.9 Criterios para definir intensidad de flujos en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v). 33
Cuadro 1.10 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por desborde de cauces en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante del modelo. 34
Cuadro 1.11 Variables requeridas para el estudio de cada amenaza. 39
Cuadro 1.12 Criterios para asignar niveles de amenaza de corrientes de densidad piroclástica en función de la recurrencia y el alcance. 40
Cuadro 1.13 Criterios para asignar niveles de amenaza de lahares en función de la recurrencia y el alcance. 41
Cuadro 1.14 Criterios para definir intensidad de inundación por desborde de cauces en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v). 42
Cuadro 1.15 Criterios para asignar niveles de amenaza de lahares en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante de la modelación hidráulica. 42
Cuadro 1.16 Criterios para asignar niveles de amenaza de flujos de lava en función de la recurrencia y el alcance. 43
Cuadro 1.17: Marco normativo e instrumentos de gestión asociados a suelos abandonados con presencia o identificación de sustancias contaminantes o peligrosas 48
Cuadro 1.18: Metodología para determinar amenaza antrópica por Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) 50
Cuadro 1.19:Listado de fuentes con información disponible 51
Cuadro 1.20: Información para elaboración de base de datos de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes 52
Cuadro 1.21: Ficha de inspección 53
Cuadro 1.22: Categorización del riesgo preliminar 56
Cuadro 1.23: Contenidos de la Investigación Preliminar. 56
Cuadro 1.24: Porcentaje de superficie afectada por incendios forestales por región 60

1 ANEXO: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

Esta guía metodológica, a través de los métodos que presenta en este anexo, pretende contribuir a la estandarización de un lenguaje técnico común, que facilite el diálogo y el entendimiento interdisciplinario entre los y las profesionales del ámbito de los Instrumentos de Planificación Territorial.

Para llevar a cabo este análisis, se realizó previamente una selección bibliográfica de guías y manuales a nivel nacional e internacional. En general, se observó que las guías y manuales de riesgo centran su atención, principalmente, en los aspectos de la *gestión del riesgo de desastres*, y menos en la temática específica de la amenaza. En aquellos trabajos que sí se aborda la amenaza desde un punto de vista metodológico, se observaron distintos grados de profundidad en el desarrollo de los temas, dependiendo del número y la diversidad de amenazas estudiadas (es decir, a mayor número y diversidad de amenazas, menor profundidad del análisis metodológico).

En este anexo en particular, el análisis de los métodos para la evaluación las amenazas naturales se desagregan según las cuatro categorías generales (inundaciones, gravitacionales, volcánicas y sísmicas), y se presentan las amenazas antrópicas como una quinta categoría. En cada una de ellas, a su vez, se incorporan detalles para sus amenazas específicas, tal como se indica en el Cuadro 1.1.

Cuadro 1.1 Clasificación de las amenazas y su correspondencia con el Art. 2.1.17. de la OGUC[1].

<table>
<tr><th colspan="3">AMENAZA</th><th>RIESGO</th></tr>
<tr><th>CATEGORÍAS DE AMENAZAS</th><th colspan="2">AMENAZAS ESPECÍFICAS</th><th>Art 2.1.17 de la OCUG</th></tr>
<tr><td rowspan="4">INUNDACIONES</td><td>Desbordes de cauces y otros cuerpos de agua</td><td rowspan="2">Inundaciones terrestres</td><td rowspan="4">Numeral 1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.</td></tr>
<tr><td>Anegamientos</td></tr>
<tr><td>Tsunamis</td><td rowspan="2">Inundaciones litorales o costeras</td></tr>
<tr><td>Marejadas</td></tr>
<tr><td rowspan="3">GRAVITACIONALES</td><td>Procesos de ladera[2]</td><td rowspan="2">Remociones en masa</td><td rowspan="3">Numeral 2. Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.</td></tr>
<tr><td>Flujos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Procesos de subsidencia[3]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">SÍSMICAS</td><td colspan="2">Ruptura superficial de falla</td><td rowspan="3">Numeral 3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Efectos de sitio</td></tr>
<tr><td>VOLCÁNICAS</td><td colspan="2">Corrientes de densidad piroclástica (PDC)
Caída de piroclastos
Lahares
Flujos de lava</td></tr>
</table>

[1] OGUC vigente a la fecha de publicación de esta guía.
[2] Por procesos de ladera se entienden los fenómenos de caídas, deslizamientos, volcamientos, deformaciones y propagaciones.
[3] Pueden ser procesos de subsidencia por disolución, colapso de suelos salinos o calcáreos u otros

AMENAZA		RIESGO
CATEGORÍAS DE AMENAZAS	**AMENAZAS ESPECÍFICAS**	**Art 2.1.17 de la OCUG**
ANTRÓPICAS	**Suelos mecánicamente inestables o con potencial presencia de contaminantes**	Numeral 4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.
	Incendios forestales	

Fuente: Elaboración propia.

En términos técnicos, la evaluación de las amenazas naturales puede entregar dos tipos de resultados: la susceptibilidad y/o la peligrosidad, dependiendo del método (o de los métodos) seleccionado(s) para el análisis. Si bien la susceptibilidad se puede considerar como un paso inicial, previo al cálculo de la peligrosidad, también puede ser considerada como un producto en sí mismo e incluso se pueden considerar como productos complementarios. Ambos tipos de resultados pueden usarse en el proceso de planificación urbana, ya que en ambos casos se pueden realizar zonificaciones prácticas y bien fundamentadas de las amenazas que pretenden representar.

Los métodos para evaluar la amenaza son variados y son fuertemente dependientes de las características particulares del área estudiada, de la forma como las amenazas actúan en ese lugar en particular, de la información disponible y de los alcances y limitaciones propios del estudio. Por estas razones, una guía metodológica no debe entregar recomendaciones fijas y estrictas respecto de qué métodos se deben usar y cuáles no. Más bien, debe mostrar la diversidad de métodos disponibles, y contextualizar su uso en relación con las distintas variables que se deben tener en consideración (como la escala de trabajo, la cantidad y la calidad de la información, los recursos disponibles, etc.).

El hecho de contar con una categorización de los distintos tipos de métodos disponibles no implica que estos sean excluyentes entre sí. Más bien, lo que se recomienda es considerar elementos de distintos tipos de métodos (o desarrollar distintos métodos en paralelo), donde el equipo de trabajo debe seleccionar, con base en su experiencia previa, la mejor combinación posible de métodos y variables. En otras palabras, conviene usar (o al menos evaluar) los métodos en combinación unos con otros, y no de manera independiente. Cabe señalar, además, que los métodos que se presentan en este anexo son solo los más frecuentemente utilizados y no representan una lista excluyente de las alternativas disponibles.

En general, cualquier método que se aplique necesita contar con información sólida que lo sostenga. Cualquier método que se aplique con información insuficiente entregará resultados insatisfactorios.

Todos los métodos para la evaluación de la amenaza requieren de una investigación previa respecto de la ocurrencia histórica de eventos pasados, de acuerdo con ciertos parámetros críticos para cada amenaza. Por ejemplo, para el caso de tsunamis, es clave la recopilación de antecedentes respecto del tamaño y recurrencia de los sismos, así como las consecuencias que los tsunamis han provocado en el territorio en estudio; en el caso de remociones en masa, es fundamental tener un inventario lo más completo posible de las remociones que hayan ocurrido en el área de estudio o sus entornos; en el caso de las inundaciones terrestres, los niveles hasta los cuáles han afectado eventos pasados, etc. El inventario se considera como un piso mínimo a partir del cual se puede optar por distintos métodos de análisis. Esto

supone una limitante considerable en la selección de los métodos, ya que entre distintos territorios ocurren diferencias sustanciales en la cantidad y calidad de la información, tanto disponible como aquella que es posible de levantar.

A su vez, todos los métodos para la evaluación de la amenaza consideran que una correcta caracterización de la geomorfología del territorio en estudio es un factor clave en el análisis, ya sea para utilizarla directamente como un insumo, o bien, para que aporte en la comprensión previa del equipo de trabajo respecto de las características morfodinámicas del lugar. La forma en la que se utilice la geomorfología dependerá del método de análisis que se seleccione.

Un aspecto decisivo en la clasificación de los métodos de análisis de las amenazas corresponde a la incidencia (o relevancia) que tiene la *toma de decisiones* a partir del denominado *criterio experto/a,* en alguno de los pasos del proceso de análisis. Al grado de incidencia de la toma de decisiones antes mencionada se le conoce como la *componente heurística,* la cual varía considerablemente entre unos métodos y otros: puede ser más dominante (más decisiva) en algunos de ellos (como los métodos con enfoques cualitativos), y menos en otros (como los son algunos métodos estadísticos o las modelaciones numéricas de base física).

En cualquier caso, las guías metodológicas consultadas para la elaboración de este anexo, son enfáticas e insistentes en mencionar que **la componente heurística no debe desaparecer del análisis**. Incluso en las modelaciones numéricas más complejas existen juicios discrecionales, que deben tomar decisiones respecto a ciertas consideraciones prácticas y según las limitaciones propias de los modelos. En última instancia, cualquier método debe ser interpretado y validado en vista de la coherencia de sus resultados. Y en caso de que estos resultados no sean útiles o consistentes, se debe evaluar si es pertinente utilizar otros métodos más simples. Es decir, **la componente heurística**[4] **debe funcionar como una base permanente de control** respecto de los resultados que entreguen los distintos métodos, independiente de la mayor (o menor) complejidad de estos.

En general, los métodos más complejos requieren de mayores niveles de procesamiento de datos, capacidad técnica, recursos, plazos, análisis, interpretación y validación de resultados por expertos y expertas calificadas. Por lo tanto, para la elección de los métodos a utilizar **se debe aplicar un correcto balance entre las limitantes técnicas del proyecto, sus limitantes de gestión y los objetivos y alcances del estudio**. Esto último afirma la idea de que los métodos no deben ser recomendados de manera fija y estricta, sino, más bien, se deben entregar lineamientos generales para orientar las decisiones técnicas de los equipos de trabajo que desarrollen los estudios.

Por último, se recomienda que la evaluación de la amenaza se realice a partir de un análisis progresivo, donde se va acotando el problema en la medida en que se va agregando información.

[4] En la literatura científica también se le denomina "enfoque heurístico".

1.1 AMENAZAS POR INUNDACIONES

1.1.1 Descripción general

Una inundación corresponde a la ocupación por agua, más o menos repentina, de terrenos habitualmente secos. Dependiendo del sistema dominante en que ocurren las inundaciones, estas se pueden clasificar como inundaciones terrestres o inundaciones litorales (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008).

Se debe tener en cuenta que es posible que ocurran combinaciones o situaciones intermedias entre ambas categorías, dependiendo del territorio analizado (por ejemplo, un río en condición de crecida que no pueda desaguar al mar por encontrarse este con altos niveles debido a una tormenta o en situación de pleamar) (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008). Las condiciones ambientales propias del medio (factores condicionantes) pueden potenciar o intensificar las características e impactos de las inundaciones, como son, por ejemplo, algunos parámetros topográficos (pendientes, red hidrográfica, tamaño y forma de la cuenca, entre otros), el tipo de suelo o la cubierta vegetal.

El aumento de asentamientos humanos y actividades productivas en llanuras de inundación o en zonas costeras, en conjunto con los cambios en magnitud y frecuencia de las inundaciones por el cambio climático, conlleva un aumento del riesgo por inundaciones (Maranzoni, D'Oria, & Rizzo, 2022).

Las inundaciones terrestres ocurren tierra adentro de los continentes por ocupación del terreno por agua dulce. Pueden originarse por desbordes de cauces fluviales o de cuerpos de agua (ríos, esteros, lagos, etc.) o por anegamiento (que a su vez incluye inundaciones pluviales, por surgencia de aguas subterráneas o elevación del nivel freático).

Las **inundaciones por desborde de cauces** (también denominadas inundaciones fluviales) corresponden a inundaciones debido al aumento de caudal por encima de la capacidad de transporte de un punto o tramo del cauce en cuestión. Es decir, caudales anormalmente altos, que son fenómenos propios del ciclo hidrológico natural (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008; Rojas, Mardones, Arumí, & Aguayo, 2014). También se consideran en esta categoría las inundaciones por desborde o desagüe de lagos u otros cuerpos de agua.

De acuerdo con el trabajo de Rojas y otros (2014), las principales causas (factores desencadenantes) de este tipo de inundaciones en Chile son (en orden de mayor a menor frecuencia): precipitaciones intensas o recurrentes, procesos volcánicos, procesos nivoglaciares, deslizamientos e intervención antrópica.

Los aumentos de caudal pueden darse de forma "lenta" o "rápida", generando una categorización de este tipo de inundaciones (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008). Un aumento de caudal lento se relaciona con precipitaciones generalizadas, de varios días de duración o por fusión progresiva de nieves o deshielo glaciar. Por otra parte, un aumento de caudal más bien rápido o repentino puede deberse a precipitaciones intensas y concentradas, roturas de represamientos naturales (lagos, lagunas) o artificiales (obras hidráulicas), o por fusión repentina de nieves y glaciares inducida por actividad volcánica. En Chile, este aumento de caudales que pueden derivar en inundaciones se suele denominar como "crecidas".

Las **inundaciones por anegamiento** corresponden a inundaciones producto del encharcamiento de zonas llanas o endorreicas. Este encharcamiento puede ser causado por acumulación de la precipitación, por surgencia de aguas subterráneas o por elevación del nivel freático (origen hidrogeológico).

Por su parte, las inundaciones litorales (o costeras) ocurren en sectores costeros limítrofes con el dominio terrestre, con ocupación del terreno por aguas marinas o lacustres-palustres (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008). Los aumentos del nivel del agua por encima de sus niveles y variaciones normales pueden ser causados por tsunamis o marejadas.

Los **tsunamis** o maremotos corresponden a una serie de ondas, cuyos períodos y longitudes de onda son muy grandes, por lo que tienen la energía suficiente para viajar a través de océanos completos, y son generadas por perturbaciones volumétricas en la masa de agua (SHOA, 1992). Estas perturbaciones son causadas por diferentes fuentes generadoras, o fuentes tsunamigénicas, que pueden ser diferentes tipos de terremotos (en Chile los más comunes son los de interplaca de profundidad intermedia), deslizamientos submarinos o subaéreos (remociones en masa), impactos de meteoritos o erupciones volcánicas (SHOA, 2015). A medida que estas ondas se acercan a aguas someras se hacen más escarpadas y aumentan en altura, inundando áreas de diversas elevaciones según su tamaño. En aquellos lugares donde la topografía submarina condiciona que las ondas se hagan aún más escarpadas, estas pueden romper y causar enormes daños (SHOA, 1992).

En ambientes costeros, donde coexisten distintos procesos físicos asociados a la hidrodinámica y transporte de sedimentos, el oleaje constituye el principal agente modelador y, en este sentido, las **marejadas** pueden definirse como eventos de oleaje extremo (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). De acuerdo con el SHOA, una marejada puede definirse como una "ola larga ocasionada generalmente por una tormenta lejana; tienen por lo común varios centenares de metros de longitud" (SHOA, 1992). Asimismo, se puede agregar que corresponden a perturbaciones meteorológicas inducidas en las condiciones marítimas locales que pueden alterar significativamente la morfología costera (Ministerio del Medio Ambiente, 2019). Entre los impactos más significativos de las marejadas están las inundaciones costeras, la erosión costera (incluso pérdida de playas) y daños en la infraestructura y actividades antrópicas (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

1.1.2 Metodologías

Para evaluar la amenaza de inundaciones, el análisis puede ser abordado utilizando diversos métodos, los cuales se pueden agrupar con base en diferentes criterios. La importancia de poder agrupar los métodos en categorías permite definir los alcances y limitaciones de la evaluación de la amenaza de inundaciones. Es por esto que, lo ideal, es utilizar los distintos tipos de métodos de forma integrada, calibrada y complementaria, en la medida en que los datos que se tengan a disposición lo permitan.

En primer lugar, las metodologías de evaluación de inundaciones se pueden agrupar según el enfoque metodológico (Maranzoni, D'Oria, & Rizzo, 2022; Mudashiru, Sabtu, & Abustan, 2021). La elección de estos enfoques dependerá tanto de los datos disponibles como del objetivo del estudio:

- *Enfoque cualitativo*: corresponden a enfoques puramente heurísticos donde el juicio experto toma un rol preponderante en el análisis.

- *Enfoque semicuantitativo*: corresponden a enfoques basados en la asignación de pesos a los diferentes factores considerados en el análisis de la amenaza, aplicando enfoques heurísticos y estadísticos. En general, se apoyan bastante en el uso de herramientas SIG y son bastante eficientes a escalas regionales o de cuenca, o en zonas donde la información es escasa.
- *Enfoque cuantitativo*: corresponden a enfoques basados en escenarios hidrológicos y modelamiento hidráulico, para lo cual se requiere definir ciertos parámetros y supuestos con el fin de aplicar ecuaciones matemáticas. Estos enfoques requieren una buena cantidad y calidad de datos y recursos computacionales.

Paralelamente, esta diversidad de métodos se puede agrupar también según tipos de insumo utilizado en el análisis (Díez-Herrero, Laín-Huerta, & Llorente-Isidro, 2008; Mudashiru, Sabtu, & Abustan, 2021):

- *Métodos históricos y paleohidrológicos*: se basan en evidencia histórica (marcas o placas, documentación, testimonios) o paleohidrológica (evidencias geológicas o arqueológicas anteriores al período histórico) para reconstruir la distribución, extensión u otras características de inundaciones pasadas. Se trabaja sobre el supuesto de que los niveles alcanzados por inundaciones en el pasado podrían volver a ocurrir.
- *Métodos geológicos-geomorfológicos*: se basan en el análisis de depósitos y formas del relieve (litológico y geomorfológico) generados durante eventos de inundaciones anteriores, en el análisis del funcionamiento hidrogeológico de aguas subterráneas como desencadenante de inundaciones por ascenso de nivel freático, entre otros. Estas evidencias permiten definir áreas geomorfológicamente activas y, por lo tanto, susceptibles de ser inundadas en el marco de la dinámica natural de los sistemas analizados.
- *Métodos hidrodinámicos*[5]: se basan en la definición y utilización de parámetros hidrológicos e hidráulicos para modelar inundaciones. En algunos casos, los datos provenientes de la aplicación de metodologías históricas, paleohidrológicas y geológicas-geomorfológicas pueden servir como datos de entrada para las modelaciones o como datos de calibración. El análisis hidráulico se puede realizar según distintos métodos, dependiendo de los supuestos que hace sobre el flujo a modelar. Estos métodos son: flujo unidimensional, flujo bidimensional, modelo 3D y flujo bifásico y arrastre de sólidos. Cada uno de estos métodos se describe en la sección 1.1.3.

En general, los enfoques cualitativos (incluso los semicuantitativos), utilizan métodos históricos, geológicos y geomorfológicos. Estas técnicas, al contrastar los datos de inventario con las características físicas o ambientales del medio, permiten identificar los factores que condicionan la ocurrencia de inundaciones y sus características específicas. El resultado que se obtiene a partir de estos análisis corresponde a la **susceptibilidad** de la amenaza.

En caso de que los alcances y objetivos del estudio así lo permitan, es recomendable que estos resultados se puedan combinar con análisis de enfoque cuantitativo (específicamente, con técnicas metodológicas hidrodinámicas). Es decir, un primer nivel análisis sería a partir de métodos históricos, paleohidrológicos, geológicos y geomorfológicos, mientras que un

[5] A los métodos hidrodinámicos se los suele llamar "modelaciones numéricas", o simplemente "modelaciones". Se desaconseja el uso de este último, porque es un término genérico para referir a una representación de los fenómenos, y no exclusivamente a métodos numéricos-hidrodinámicos.

segundo nivel de análisis podría incorporar métodos hidrodinámicos. Al estimar las áreas de afectación asociadas a eventos de cierta magnitud en sectores específicos (es decir, para un período de retorno dado, o para una probabilidad de ocurrencia determinada), los resultados que entregan estos análisis corresponden a la **peligrosidad** de la amenaza. En el Cuadro 1.2, se presenta un resumen del tipo de métodos de análisis de inundación.

Cuadro 1.2 Métodos de análisis de inundación.

Métodos de análisis de inundación				
Enfoque	**Métodos específicos**			**Resultado**
Cualitativo	Métodos heurísticos	Históricos-paleohidrológicos		Susceptibilidad
		Geológicos-geomorfológicos		
Cuantitativo	Métodos hidrodinámicos *(modelaciones)*	Análisis hidrológico		Peligrosidad
		Análisis hidráulico	Flujo unidimensinoal	
			Flujo bidimensional	
			Modelo 3D	
			Flujo bifásico y arrastre de sólidos	

Fuente: Elaboración propia.

1.1.3 Inundaciones por desborde de cauces

Las inundaciones por desborde de cauces se pueden analizar desde un enfoque cualitativo (orientado a la definición de la susceptibilidad de la amenaza) o desde uno cuantitativo (orientado a la definición de la peligrosidad de la amenaza). Sin embargo, el mejor resultado se obtiene cuando ambas ópticas se utilizan de forma complementaria.

a) Enfoque cualitativo

El análisis de esta amenaza debe comenzar desde un enfoque cualitativo, es decir, a partir de las características geológicas y geomorfológicas del área. Esto permite identificar, a partir de las formas del relieve y depósitos asociados, las dinámicas fluviales que operan en el área en estudio. Estos resultados deben ser complementados y contrastados con un análisis histórico de eventos de inundación.

Este análisis también necesita considerar antecedentes históricos y otra información entregada por personas que han conocido eventos de inundación. Estos pueden ayudar a estimar la periodicidad con que son afectadas distintas áreas ubicadas junto a los cauces analizados.

Si bien el enfoque cualitativo puede constituir una herramienta potente para utilizar como base en la definición de los niveles de amenaza asociados a las zonas inundables, muchos cauces, especialmente en áreas urbanas, se encuentran intervenidos con obras de contención o de otro tipo. Dichas obras pueden incidir en los resultados que se obtengan por esta metodología, porque pueden modificar, o incluso borrar completamente, las evidencias geológicas y geomorfológicas asociadas a las crecidas. También pueden modificar la zona de escurrimiento, de manera que las condiciones bajo las cuales ocurrieron inundaciones en el pasado difieran de las actuales, restando validez a los antecedentes históricos como representativos de grandes inundaciones. De esta forma, este tipo de metodología será más eficiente mientras menos intervenido se encuentre un cauce, mientras que en los casos que

los cauces se encuentran muy intervenidos la modelación hidráulica es una herramienta más eficiente.

Por otra parte, se recomienda el uso de este tipo de metodologías cuando la estadística para cuantificar el caudal que se modelará abarca un período muy breve o cuenta con muchos años sin precipitaciones (situación frecuente en la zona norte de Chile).

También se debe considerar este tipo de metodologías para ajustar modelos numéricos en aquellas zonas donde ocurran situaciones especiales, que no permitan garantizar que el resultado generado sea adecuado. Un ejemplo de esta situación lo constituyen cauces de pendientes muy pronunciadas, para los cuales algunos modelos hidráulicos no han sido diseñados.

Debe considerarse que, habitualmente, los antecedentes geológicos y geomorfológicos sólo entregan información de las áreas que pueden inundarse y no de otros parámetros que entreguen información acerca de la energía del flujo, como la altura de escurrimiento.

En cuanto a los criterios para definir los niveles de amenaza, estos deben considerar diferentes antecedentes, además de los que dan cuenta de las zonas afectadas. En particular, se deben considerar antecedentes que ayuden a estimar la recurrencia de las inundaciones. Se sugiere utilizar los siguientes criterios:

- La máxima extensión del área de nivel de amenaza moderado debe definirse considerando la máxima inundación que se reconoce a partir de las evidencias disponibles (geológicas, geomorfológicas, históricas, arqueológicas, entre otras). Esta se debería relacionar con un nivel de amenaza moderado.
- La máxima extensión del área de nivel de amenaza alto debe definirse considerando el área inundada producto de las principales inundaciones de las cuales se cuente con registro histórico. A modo de referencia, se pueden considerar inundaciones que ocurran con recurrencias mayores que 50 años.
- La máxima extensión del área de nivel de amenaza muy alto se puede asociar a eventos de inundación ocurridos frecuentemente. Para ello se pueden considerar zonas inundadas recurrentemente, cada 10 a 25 años.

b) Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo de esta amenaza necesariamente debe considerar, como paso previo, el estudio de las condiciones geomorfológicas y geológicas de los cauces modelados. Posteriormente, se debe considerar dos etapas para desarrollar el análisis: la primera está orientada a cuantificar el caudal de crecidas (análisis hidrológico) y la segunda busca representar los efectos que genera dicho caudal sobre el territorio (análisis hidráulico). Estos análisis, en conjunto, también se conocen como "métodos hidrodinámicos". A continuación, se describe cada uno de ellos.

Análisis hidrológico: La hidrología busca estimar los caudales generados en una cuenca o corriente en base a datos de caudales y su análisis estadístico, o datos de precipitaciones y la aplicación de modelos hidrometeorológicos.

Para este análisis es básica la caracterización temporal de los caudales anómalos a partir del hidrograma de crecida del evento analizado, mediante el cual se pueden determinar uno o

más parámetros, y el hietograma correspondiente. Los parámetros del hidrograma se pueden diferenciar en: elementos (flujo máximo, curvas de ascenso, descenso y agotamiento), componentes (tipos de escorrentía y caudal base) y tiempos característicos.

Análisis hidráulico[6]: El análisis hidráulico intenta determinar las velocidades y alturas con que el agua va a circular en un determinado tramo fluvial, a partir de supuestos referentes al comportamiento de los flujos de agua y su modelación, para estimar diferentes parámetros como profundidad, velocidad o energía del agua.

Debido a que las metodologías hidráulicas se basan en supuestos respecto del comportamiento de los flujos de agua para su análisis, se pueden clasificar según las aproximaciones del flujo en cuestión, lo que determinará las ecuaciones y modelizaciones a aplicar. En ese sentido, se pueden identificar cuatro métodos de análisis:

- *Flujo unidimensional*: se simplifica el flujo de agua en una corriente fluvial como unidimensional, es decir, la profundidad y velocidad solo varían en la dirección longitudinal del cauce, cuyo eje supone una línea aproximadamente recta y velocidad constante en cualquier punto de una sección transversal. Es decir, una simplificación relativa al promedio de velocidades por el cauce.

  En general, las metodologías basadas en flujo unidimensional son adecuadas para cauces confinados, es decir, que la zona de escurrimiento se encuentra bien definida. También son adecuados cuando no se cuenta con una topografía lo suficientemente detallada como para utilizar modelos más complejos. Un caso particular de lo anterior son los cauces con escurrimiento permanente, porque es muy difícil que se pueda contar con información topográfica de la zona inundada que tenga un nivel de detalle suficiente como para aplicar modelos más complejos. En los modelos unidimensionales sólo obtiene información referida a la altura de escurrimiento, es decir, la zona de inundación está definida por una cota.

- *Flujo bidimensional*: permite incorporar al análisis de flujo las componentes o flujos secundarios perpendiculares a la dirección del fujo principal, como en el caso de desbordes, o complejizar el análisis en casos de confluencias, flujos alrededor de estructuras, cauces compuestos, curvas pronunciadas o en entornos urbanos (alcantarillados o cunetas, por ejemplo). En algunos casos se pueden combinar secciones 1D y secciones 2D, y conectar ambos modelos, para mejorar el rendimiento de cada una de las modelizaciones. La simplificación bidimensional se considera aceptable si las variaciones de las componentes horizontales en la vertical son pequeñas y si la distribución vertical de presiones es hidrostática. Es decir, se desprecian las variaciones en la vertical.

  Los modelos bidimensionales entregan información para casos más complejos, en que no se conoce a priori las zonas de escurrimiento. Un caso común de esta situación corresponde a los abanicos aluviales. Estos modelos exigen contar con información topográfica mucho más detallada que los modelos unidimensionales. Su aplicación es difícil en el caso de cauces con escurrimiento permanente, porque habitualmente

[6] También se le conoce como "modelación hidráulica", "modelación numérica" o simplemente "modelación". Se desaconseja el uso de este último, Se desaconseja el uso de este último, porque es un término genérico para referir a una representación de los fenómenos, y no exclusivamente a métodos numéricos-hidrodinámicos.

no se cuenta con información topográfica lo suficientemente detallada de la zona inundada.

- *Modelos 3D*: permite modelar flujos turbulentos, pero requieren más capacidad de procesamiento debido a que considera las variaciones de los vectores promedio de las velocidades. En general se aplican a situaciones puntuales y no relacionadas a la dinámica natural de sistemas fluviales.

  Los modelos tridimensionales se aplican para situaciones muy particulares y es poco probable que sean una herramienta adecuada para aplicar en instrumentos de planificación territorial. Estos demandan una gran cantidad de información y recurso computacional.

- *Flujo bifásico y arrastre de sólidos*: la influencia de la carga sólida en el comportamiento de las corrientes puede ser relevante dado que pueden viajar de distintas formas. En el análisis de amenazas, son particularmente interesantes los sólidos en flotación (por su capacidad de obstruir o represar la corriente), en suspensión (que en altas concentraciones pueden modificar las propiedades del fluido), y la carga de fondo y movimiento del lecho (ya que altera la superficie por donde fluye la corriente, genera turbulencias y obstáculos dinámicos). Las aproximaciones matemáticas al problema del acarreo o arrastre de sólidos se basan en la relación entre la energía de la corriente y la granulometría de los sedimentos, y en la cantidad de material disponible.

  Los modelos de flujo bifásico y arrastre de sólido deben aplicarse cuando existe evidencia de que el escurrimiento habitualmente tiene una parte importante de material sedimentario. Por lo general, corresponden a modelos bidimensionales.

Las técnicas metodológicas del enfoque cuantitativo son herramientas eficientes en los casos que se cuenta con un registro hidrológico sólido. Sin embargo, sus resultados deben utilizarse con precaución en aquellos casos en que la estadística abarque un período reducido, muy antiguo o en zonas donde es frecuente que no llueva por varios años.

A nivel mundial, existen abundantes propuestas para asignar niveles de amenaza, que dependen de aspectos locales y normativos. En esta guía, se recomienda utilizar una matriz que considere la recurrencia (período de retorno) a que se ha asociado el modelo y la intensidad de la inundación (Cuadro 1.4). Para los niveles de intensidad, se recomienda utilizar la asignación de intensidad, propuesta por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), que se basa en la altura y velocidad de escurrimiento[7]. Este criterio se sintetiza en el siguiente cuadro:

[7] Ordinario DOH N° 2852 (30 de septiembre de 2021).

Cuadro 1.3 Criterios para definir intensidad de inundación por desborde de cauces en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v).

Intensidad[8]	CRITERIO DOH-MOP		
Alta	$H \geq 1$ m	o	$v * H \geq 1{,}5$ m²/s
Media	$0{,}5$ m $\leq H < 1$ m	o	$0{,}5$ m²/s $\leq v * H < 1{,}5$ m²/s
Baja	$0{,}1$ m $\leq H < 0{,}5$ m	o	$0{,}1$ m²/s $\leq v * H < 0{,}5$ m²/s
Muy baja	0 m $< H < 0{,}1$ m		0 m²/s $< v*H < 0{,}1$ m²/s
Despreciable	$H = 0$ m		$v*H = 0$ m²/s

Fuente: Basado en los criterios definidos por DOH MOP.

Una vez que se tiene un modelo numérico y se han asignado niveles de intensidad, se recomienda utilizar la siguiente matriz para asignar niveles de amenaza:

Cuadro 1.4 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por desborde de cauces en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante del modelo.

		Recurrencia			
		< 10 años	10 – 50 años	50 – 100 años	≥ 100 años
Intensidad	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
	Media	Muy alta	Alta	Moderada	Moderada
	Baja	Alta	Moderada	Moderada	Poco significativa
	Muy baja	Moderada	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa
	Despreciable	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa

Fuente: Elaboración propia.

1.1.4 Inundaciones por anegamiento

Se reconocen dos tipos de inundaciones por anegamiento: (1) asociada a la acumulación de aguas lluvias y (2) asociada al nivel freático.

La inundación por acumulación de aguas lluvia (inundaciones pluviales) ocurre en zonas con drenaje insuficiente producto de la baja capacidad de infiltración y/o condiciones inadecuadas para el drenaje superficial.

Para el análisis de esta amenaza, la información suele ser insuficiente. Un documento que normalmente entrega información relevante respecto de esta amenaza corresponde a los Planes Maestros de Aguas Lluvias, elaborados por la Dirección de Obras Hidráulicas.

[8] Las categorías para los intervalos de intensidad se pueden nombrar de distintas maneras. MOP-DOH usa "alta", "media" y "baja". En esta tabla se agregaron las categorías "muy baja" y "despreciable". En otros trabajos también se usa "extremo", "fuerte", "medio", "débil" y "despreciable", o también numérico (i1, i2, i3, i4, etc.).

El análisis de esta amenaza debe considerar las siguientes metodologías:

- Reconocimiento, mediante antecedentes históricos, de las zonas que han sido afectadas en el pasado.
- Análisis de las características geomorfológicas y geológicas que condicionan esta amenaza.
- Identificación, mediante un modelo digital de elevación de alta resolución, de las zonas que pueden presentar un comportamiento endorreico. El resultado que se obtenga debe compararse con los dos puntos anteriores.

El otro tipo de inundación por anegamiento se relaciona con la surgencia de aguas subterráneas o elevación del nivel freático.

Para el análisis de esta amenaza se deben considerar las siguientes metodologías:

- Reconocimiento, mediante antecedentes históricos, de las zonas que han sido afectadas en el pasado.
- Análisis de la geología de superficie y subsuperficie.
- Caracterización de la geomorfología.
- Análisis de antecedentes hidrogeológicos (niveles freáticos, unidades hidrogeológicas, entre otros).

Es importante destacar la importancia de incluir en estos análisis la presencia de humedales en el área urbana y en áreas potenciales de extensión urbana, su comportamiento actual e histórico ya que, por definición, corresponden a "todas aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros y que se encuentren total o parcialmente dentro del límite urbano" (Art. 1, Ley 21.202)

Un parámetro adecuado para asignar niveles de amenaza asociados al anegamiento es la altura de inundación. Para estandarizar la asignación de niveles de amenaza asociados a anegamiento, se sugiere utilizar los criterios de inundación por desborde de cauces, que se presentan en el Cuadro 1.3, como referencia para la asignación de niveles de amenaza. Debe considerarse que existen dos diferencias principales entre ambos casos: (1) en la inundación por anegamiento la energía cinética es prácticamente nula, porque el agua no se encuentra en movimiento, y (2) normalmente no se cuenta con información para cuantificar la recurrencia asociada a esta amenaza. Estas dos condiciones se tomaron en cuenta para la definición de criterios a utilizar (Cuadro 1.5).

Cuadro 1.5 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por anegamiento en función de la altura de inundación (intensidad) y la recurrencia.

		Recurrencia			
		< 10 años o Sin información	10 – 50 años	50 – 100 años	≥ 100 años
Intensidad	Alta (> 1 m)	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
	Media (0,5 – 1 m)	Muy alta	Alta	Moderada	Moderada
	Baja 0,1 – 0,5 m)	Alta	Moderada	Moderada	Poco significativa
	Muy baja (0 – 0,1 m)	Moderada	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa
	Despreciable (0 m)	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa

Fuente: Elaboración propia.

1.1.5 Inundaciones por maremoto o tsunami

De acuerdo con SHOA, en el marco de la elaboración de Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU):

> *Para evaluar cuantitativamente el riesgo de tsunami de origen tectónico en áreas costeras, ha sido necesario ejecutar estudios inter-disciplinarios en sismología, geología, geofísica y oceanografía, incluyendo la revisión de las fuentes históricas. Dentro de este contexto, la modelación de tsunamis ha sido utilizada para discriminar entre diferentes escenarios posibles (i.e. localización de la fuente y mecanismos de ruptura) que puedan afectar a una región en particular, elaborando una Carta de Inundación para el evento sísmico más extremo, ya sea conocido o probable.*
>
> *Actualmente, la simulación numérica es la mejor técnica de análisis geofísico e hidrodinámico disponible para estudiar el riesgo de tsunami en las áreas donde los registros históricos son insuficientes. El modelo que se ha aplicado para desarrollar el proyecto CITSU, COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) diseñado por el Dr. S.N. Seo basado en el modelo de Shuto's (Agosto 10, 1993) y Yongsik Cho (Agosto 10, 1993) en la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad de Cornell.*[9]

Cabe mencionar que las CITSU que elabora el SHOA corresponden a una representación cartográfica de las diferentes alturas de inundación máxima producidos por un evento de tsunami en un área determinada. Estos resultados son obtenidos mediante modelaciones numéricas en base a un evento sísmico extremo conocido o probable (SHOA, 2015),

[9] http://www.shoa.cl/php/citsu.php, consultada en julio de 2023.

conocidos como *Megathrust*. Para elaborar estas cartas de inundación se utiliza información topobatimétrica, planimétrica, datos históricos de sismos y tsunamis, y una caracterización adecuada de los parámetros de la fuente tsunamigénica y la deformación inicial de la superficie libre del cuerpo de agua, para realizar la modelación numérica. El resultado es una zonificación del área de inundación en base a, a lo menos 5 niveles de profundidad de inundación expresada en metros.

Así, para el estudio de amenaza de inundación por tsunami, se recomienda:

1. Si existen cartas CITSU para el territorio en análisis:

- Utilizar las cartas de inundación oficiales (alturas de inundación) y la escala a la que fueron elaboradas (en formato PFD, KMZ y KML[1]).
- Las cartas de inundación elaboradas por el SHOA se pueden complementar con modelaciones de escala local, orientadas a precisar las modelaciones que se presentan en las cartas CITSU o a ajustarlas a la topografía y topografía del instrumento de planificación territorial. En este caso se deben seguir las Especificaciones Técnicas para la Elaboración de CITSU (SHOA, 2015).
- Si fuese necesario, ajustar áreas de inundación dependiendo de la escala de la CITSU y del IPT en desarrollo. Para ello se debe considerar la topografía de detalle disponible siempre que sea de mayor resolución que las utilizadas para la elaboración de la CITSU, además de otros antecedentes que pudieran existir (en caso de que, por ejemplo, los límites de las modelaciones no cubran toda la extensión del territorio costero en análisis) como antecedentes históricos, geomorfológicos, geológicos u otras modelaciones.

2. Si no existen cartas CITSU para el territorio en análisis, se recomienda:

- Realizar modelaciones numéricas utilizando criterios y modelos similares a los utilizados por SHOA para las cartas CITSU, de acuerdo con las Especificaciones Técnicas para la Elaboración de CITSU (SHOA, 2015)
- En caso de no sea posible realizar modelaciones numéricas (limitaciones de presupuesto, tiempo, alcances del estudio u otro), se recomienda realizar un análisis de antecedentes históricos, geológicos, geomorfológicos, entre otros, para establecer una zonificación en base a la susceptibilidad.

En los casos que no se cuente con modelos para representar esta amenaza, se puede usar como referencia las observaciones asociadas a eventos pasados. En este caso, se deben diferenciar aquellos terremotos más extremos que rompen la totalidad de la zona de contacto entre placas (conocidos como *Megathrust*) de aquellos que no lo hacen y que ocurren más frecuentemente. No resulta adecuado, para este caso, utilizar como referencia tsunamis asociados a eventos de fuente lejana (por ejemplo, ocurridos en Japón).

Las zonas inundadas y alturas de inundación son sensibles a variaciones en el nivel del mar del orden a algunos metros, por lo que no tiene sentido incluir en el análisis terremotos de magnitudes milenarias, posiblemente asociadas a un nivel del mar diferente del actual.

En cuanto a la intensidad, el parámetro más adecuado para representarla es la altura de inundación. Sin embargo, en el caso de las metodologías basadas en antecedentes históricos no se contará con esta información.

Considerando lo tratado en los párrafos anteriores, se recomienda utilizar los criterios que se definen en el Cuadro 1.6, para asignar niveles de amenaza asociados a tsunami.

Cuadro 1.6 Criterios para asignar niveles de amenaza en función de la magnitud de la fuente y la altura de inundación.

		Insumo	
		Megathrust [1]	Otros terremotos de interplaca [2]
Intensidad (Altura de inundación)	Alta (> 2 m)	Muy alta	Muy alta
	Media (1 – 2 m)	Alta	Muy alta
	Baja (0,5 – 1 m)	Moderada	Alta
	Muy baja (0 – 0,5 m)	Poco significativa [3]	Moderada
	Despreciable (sin inundación)	Poco significativa	Poco significativa

[1] Modelaciones CITSU, otras modelaciones asociadas a terremotos tipo *Megathrust*, observaciones de terreno asociadas a terremotos tipo *Megathrust*.

[2] Modelaciones numéricas u observaciones de terreno asociadas a terremotos que no rompen completamente la zona de contacto entre placas.

[3] Las cartas de inundación elaboradas por el SHOA (CITSU) realizan cortes en la altura de inundación cada 1 m, y por lo tanto, no se puede hacer diferencias entre las zonas con inundaciones menores que ese rango. Por lo tanto, en el caso de dichas cartas, se debe asignar un nivel de amenaza moderado a la zona con niveles de inundación entre 0 y 0,5 m.

Un caso especial que no se ha considerado en los criterios para asignar niveles de amenaza corresponde a los tsunamis generados por remociones en masa que pueden ocurrir en zonas donde la línea de costa tiene una forma compleja (por ejemplo, tsunami de Aysén en 2007), que favorezcan la canalización del tsunami. Estos casos pueden generar alturas de inundación considerables, pero resulta difícil definir la fuente (ubicación y tamaño de la remoción en masa) y una posible recurrencia de este fenómeno. Este tipo de procesos requiere un análisis especial, que no es posible de abordar en el marco de esta guía, y que debe ser analizado en detalle por profesionales con la preparación adecuada.

1.1.6 Inundaciones por marejadas

Dado que las marejadas se caracterizan por olas de gran altura ocasionadas por vientos fuertes en el océano y que, por lo tanto, evolucionan temporal y espacialmente a medida que se propagan desde la zona de generación, existen diversos modelos para estudiar el oleaje, que a su vez son complementarios entre sí (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

Sin embargo, en muchos casos las modelaciones no son posibles de realizar, por lo que se recomienda realizar la evaluación de la amenaza en base a antecedentes históricos (alturas de olas, alcances, entre otros) y sus tendencias, complementados con análisis geomorfológicos.

Para definir los niveles de amenaza de marejadas, se pueden considerar aspectos de recurrencia en base a antecedentes históricos. Respecto a la intensidad, esta puede ser en base a información de alturas de olas o a características cualitativas como son la clasificación del Servicio Meteorológico de la Armada de Chile, que las clasifica como "marejadas" (eventos donde las olas ingresan a la bahía y afectan el normal desarrollo de actividades en el borde costero y el estado de los puertos) y "marejadas anormales" (eventos donde se esperan mayores daños a la infraestructura costera, sobrepasos e inundaciones).

1.2 AMENAZAS GRAVITACIONALES

1.2.1 Descripción general

En esta guía metodológica se consideran amenazas gravitacionales a dos tipos de procesos: (1) remociones en masa y (2) subsidencias.

Las remociones en masa se definen como el movimiento que ocurre en dirección ladera abajo de una masa de materiales por acción de la gravedad. Normalmente, estos materiales corresponden a roca y/o suelo/sedimento, con una proporción variable de agua, los que pueden además incorporar la cobertura vegetal y elementos antrópicos a su paso. Estos procesos pueden ser de movilización lenta o rápida, de dimensiones variables y son el resultado de la interacción entre una serie de factores condicionantes y otros que actúan como desencadenantes (PMA, 2007; Arenas & Opazo, 2017; Brantt, Pantoja, & Muñoz, 2021).

Las remociones en masa se clasifican según el tipo de movimiento que desarrollan. En esta guía, se establecen dos categorías: **procesos de ladera** (que agrupan a las caídas, deslizamientos, volcamientos, deformaciones y propagaciones) y **flujos**. A continuación, se describe cada una de ellas según las definiciones propuestas por Hungr et al. (2013), complementadas por Muñoz et al. (2021) y las referencias citadas ahí dentro.

Caída: es un tipo de remoción en masa en que uno o varios bloques de roca o suelo (bloque, detrito, limo y/o arcilla) se desprenden de una ladera, con un desplazamiento cortante leve o nulo. El material desprendido desciende de forma no cohesiva, principalmente en el aire a través de golpes, rebotes y rodamientos. Suele ocurrir con velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas[10].

Deslizamiento: es un tipo de remoción en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie, en la cual se desarrolla una gran deformación cortante y que define un plano de falla en el material.

Volcamiento: es un tipo de remoción en masa que involucra el desprendimiento, rotación hacia adelante y volcamiento de roca, suelo o sedimento y que puede continuar, o no, su trayectoria como caída.

Deformación: corresponden a un tipo de remoción en masa que presenta rasgos de deslizamiento, pero sin una superficie de cizalle distinguible; son movimientos lentos a extremadamente lentos y no alcanzan grandes desplazamientos en comparación con las

[10] Las categorías de velocidades asociadas a remociones en masa no se incluyen en este anexo. Ver referencias citadas para más información.

demás remociones en masa ya descritas. Dentro de esta categoría se reconocen los procesos de reptación y solifluxión.

Propagación: corresponde a la deformación de roca, suelo o arcillas producto de la presencia de capas más débiles subyacentes. Pueden ser lentos o extremadamente rápidos.

Flujo: es un tipo de remoción en masa que durante su desplazamiento desarrolla un comportamiento mecánico semejante al de un fluido; puede ser extremadamente rápido o lento, saturado o seco. De acuerdo con esta clasificación, las avalanchas son un tipo de flujo que puede movilizar material rocoso y/o suelo/sedimento.

Por su parte, los **procesos de subsidencia** corresponden a fenómenos en que el material terrestre (roca, suelo u otro) colapsa producto de la acción de la gravedad debido a inestabilidades generadas en capas subyacentes. Estas debilidades pueden darse por disolución, colapso de suelos salinos o calcáreos o asociado a construcciones subterráneas, entre otros.

1.2.2 Metodologías

El marco metodológico que se presenta a continuación está exclusivamente referido al análisis de remociones en masa (es decir, a procesos de ladera y flujos). Los métodos para el análisis de subsidencias se presentan por separado, en la sección 1.2.4.

Esta síntesis metodológica está fundamentada en tres trabajos, los cuales establecen una mirada panorámica de la *tipología de métodos* que suelen utilizarse para la evaluación de la amenaza de remociones en masa:

- Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA, 2007), en el cual tuvo participación directa el SERNAGEOMIN.
- The Seventh Framework Programme for Research and Technological Development (FP/7), de la Comisión Europea (SafeLand, 2011) que, de toda la bibliografía consultada, entrega el desarrollo más acabado sobre la temática.
- Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Susceptibilidad a las Remociones en Masa a Escala Regional, del SERNAGEOMIN (2017), que realiza una completa síntesis de trabajos desarrollados por la institución, así como de otras experiencias internacionales, tanto en países de la región andina como en otros lugares del mundo.

El fenómeno de las remociones en masa tiene la particularidad de que puede afectar lugares distantes respecto del sitio donde estas se generan. Por lo mismo, se debe realizar un análisis diferenciado para las zonas de *generación* de las remociones (es decir, identificar los lugares donde estas son más propensas a *iniciarse*) y otro para su *alcance* (lugares hasta donde ellas podrían *movilizarse*).

En la mayoría de los casos, el análisis de la amenaza de remociones en masa, tanto de generación como de alcance, se realiza a través de métodos que entregan como resultado la susceptibilidad (es decir, son métodos que analizan y ponderan los *factores que condicionan* la ocurrencia y movilización de las remociones). Los análisis que derivan en la peligrosidad del fenómeno son bastante menos comunes, principalmente por la escasez de los datos de

inventario y por la incertidumbre respecto a la edad de los eventos registrados. Por lo mismo, esta síntesis metodológica le da mayor énfasis a la susceptibilidad del fenómeno.

Los métodos para el análisis de susceptibilidad de generación (o iniciación) de remociones en masa son variados, pero pueden ser categorizados en 3 tipos, según los insumos principales en los que basan sus análisis: *(1) experiencia, (2) manejo de datos y (3) modelos físicos*.

Estos 3 grupos utilizan distintos tipos de variables y admiten distintos grados de incidencia del denominado *criterio experto/a*. Por lo mismo, también se pueden clasificar como enfoques "cualitativos" o "cuantitativos", según sea el caso.

Por su parte, los métodos para el análisis de susceptibilidad de alcance de remociones en masa se pueden clasificar según dos tipos: empíricos y analíticos/racionales. Estos métodos, dependiendo de sus especificidades, también pueden ser considerados como "cualitativos" o "cuantitativos". En el Cuadro 1.7, se presenta una síntesis de los métodos de análisis de remociones en masa antes mencionados.

Cuadro 1.7: Síntesis de métodos de análisis de remociones en masa (procesos de ladera y flujos)

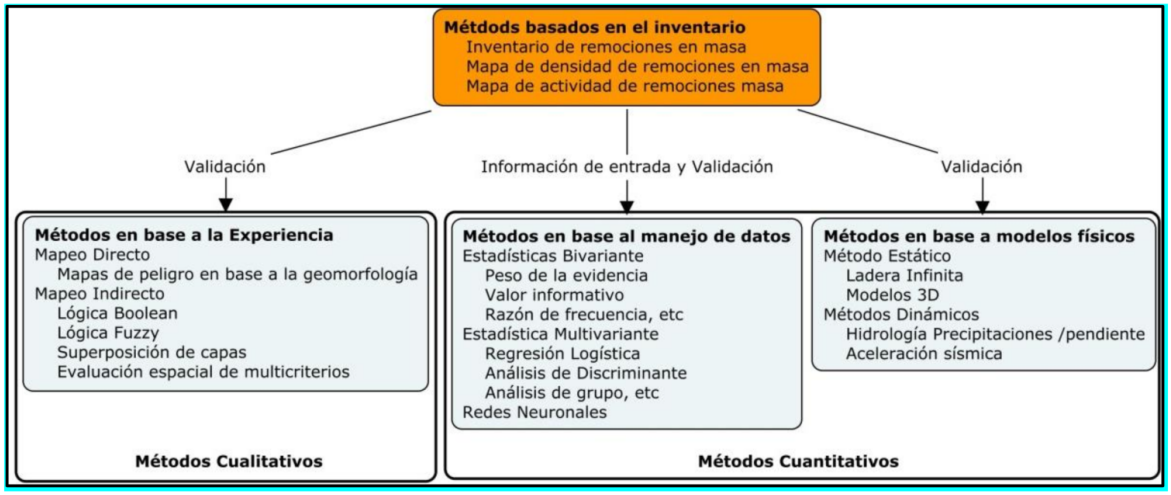
Enfoque	Categoría general	Métodos específicos		Resultado
Cualitativo	Experiencia (enfoque heurístico)	Mapeo directo a partir de geomorfología		Susceptibilidad (de generación)
		Mapeo indirecto	Lógica Boolean	
			Lógica Fuzzy	
			Superposición de capas	
			Evaluación espacial multicriterios	
Cuantitativo	Manejo de datos (enfoque estadístico)	Estadística bivariante	Peso de la evidencia	
			Valor informático	
			Razón de frecuencia, etc.	
		Estadística multivariante	Regresión logística	
			Análisis discriminante	
			Análisis de grupo, etc.	
		Redes neuronales	-	
	Modelos físicos	Métodos estáticos	Ladera infinita	
			Modelos 3D	
		Métodos dinámicos	Hidrología precipitaciones/pendiente	
			Aceleración sísmica	
Cualitativo	Empíricos	Geomorfológicos		Susceptibilidad (de alcance)
Cuantitativo		Geométricos		
		Cambios de volumen		
	Analíticos / racionales	Modelos discretos		
		Modelos continuos		

Fuente: Elaborado a partir de Safeland (2011) y SERNAGEOMIN (2017).

a)Susceptibilidad de generación

Todos los métodos a través de los cuales se obtiene como resultado la susceptibilidad de generación de remociones en masa, dependen de un paso previo, de base, que corresponde a la elaboración de un inventario de remociones. Este inventario, posteriormente, se usa como información de entrada y/o como insumo de validación de los métodos aplicados Ilustración 1 1.

Ilustración 1-1: Métodos para la evaluación de susceptibilidad de generación de Remoción en Masa.



Fuente: extraído de SERNAGEOMIN (2017).

Según SafeLand (2011), es posible obtener la susceptibilidad de generación directamente a partir del inventario, según mapas de densidad y mapas de actividad de remociones en masa. Sin embargo, esto solo debe considerarse como una aproximación inicial, luego de lo cual se deben aplicar otro tipo de métodos de análisis.

A continuación, se describen los 3 tipos de métodos generales mencionados en la introducción de este capítulo (es decir, basados en *experiencia, manejo de datos y modelos físicos*) y, adicionalmente, se antepone una descripción de los métodos basados en *inventario*.

1. Métodos basados en el *inventario* de remociones

Estos métodos (también referidos como métodos de ocurrencia histórica) se consideran como los más simples, o lo más directos, ya que se basan fundamentalmente en la distribución espacial de las remociones, las cuales se representan mediante puntos o áreas. Para cualquier análisis de la amenaza, el escenario ideal es poder contar con la mayor cantidad de información posible respecto de cada evento, donde no solo se establezca con claridad su ubicación, sino también la fecha de ocurrencia, el área afectada, una estimación de su volumen, el tipo de movimiento, de fractura, de desencadenante, etc.

Los productos que se esperan de estos análisis (ver ilustración de arriba) corresponden al inventario propiamente tal (es decir, una base de datos complementada con mapas donde se explicite la distribución de las remociones y el tipo), mapas de densidad (cuantificación

de la frecuencia de las remociones por unidad de área) y mapas de actividad (análisis de los lugares donde las remociones se encuentran más activas, o menos).

La mayor desventaja que tiene este método, es que no entrega información sobre las áreas que no presentan eventos de remociones. Es decir, si bien permite hacer análisis de distribución de las remociones, no es un buen predictor de posibles remociones en el futuro y, por lo tanto, no debe considerarse como una representación de la susceptibilidad de remociones en masa. Su uso debe alimentar otro tipo de métodos.

Cabe señalar que, en general, en el contexto nacional no es posible levantar inventarios de remociones en masa con tanto nivel de detalle: las fechas de ocurrencia, los volúmenes desplazados y los desencadenantes específicos suelen ser desconocidos. Sin embargo, a pesar de esta brecha de información, es clave contar con inventarios lo más completos posibles, ya que estos servirán para cualquier método de análisis que se quiera implementar. Además, entregan una valiosa información a los tomadores de decisiones, y les muestra lineamientos técnicos en la forma de registrar este tipo de fenómenos, para que puedan continuar con su registro en eventos futuros.

2. Métodos basados en la *experiencia* del equipo de trabajo (o enfoque heurístico)

En este tipo de métodos la opinión del grupo de expertos y expertas juega un rol decisivo. Según la clasificación de SafeLand (2011), el enfoque heurístico puede ser dividido en 2 grupos de métodos: los de mapeo *directo* de la amenaza y los de mapeo *indirecto* de la amenaza.

- Métodos de mapeo *directo*.

Si el equipo de trabajo ya cuenta con un inventario de remociones en masa, puede agregar como insumo el mapa geológico-geomorfológico del área, para detectar los condicionantes de base de los fenómenos. A su vez, este tipo de mapeos requieren de un amplio conocimiento técnico del área de estudio, que debe ser complementado con visitas a terreno y entrevistas con personas que conozcan directamente el territorio. Es la combinación de estos 3 componentes (inventario, geología-geomorfología y visita a terreno) más la experiencia del equipo de trabajo, lo que permite elaborar un mapa de la susceptibilidad correctamente fundamentado.

A este tipo de mapeos directos se los conoce con el nombre de "mapas de amenaza con base en la geomorfología", "mapeo geomorfológico de la amenaza", "análisis geomorfológico de la amenaza", o a veces simplemente "mapeo directo de la amenaza".

De acuerdo con el trabajo de SafeLand (2011), el mapeo de la susceptibilidad con base en la geomorfología se usa extensamente en escalas de tipo local (1:5.000 a 1:25:000), y ha servido para orientar procesos de planificación territorial en diversos países del mundo. Si bien este método es altamente sensible a la experiencia del grupo de trabajo, estos mapas pueden entregar resultados con un alto grado de especificidad, ya que permiten establecer diferencias localizadas sin tener que incorporar las simplificaciones y generalizaciones que se requieren en la mayoría de los otros métodos.

En contrapartida, una desventaja de los métodos de mapeo *directos* es que los criterios de evaluación pueden ser tan específicos, o con tantas reglas subjetivas de decisión, que se

dificulta la explicación clara de cuáles fueron dichos criterios (muchos de los cuales quedan, finalmente, "escondidos").

Para efectos de esta guía metodológica, cualquier estudio de amenaza para Instrumentos de Planificación Territorial, ya sea para escalas de PRC o PRI, debe estar fundamentado en un análisis pormenorizado del inventario de procesos, de las líneas de base y de visita(s) a terreno. Por lo tanto, los mapeos directos de la amenaza se consideran como un "mínimo", es decir, se aceptan este tipo de métodos, u otros de mayor complejidad.

- Métodos de mapeo *indirecto*

Para resolver la problemática de los criterios "escondidos" de los mapeos directos de la amenaza, se pueden utilizar métodos de combinación de factores condicionantes. Con base en el conocimiento experto de una zona en particular, los equipos de trabajo determinan qué factores (es decir, qué parámetros) son los que más inciden en la ocurrencia de remociones en masa (por ejemplo, las pendientes, unidades litológicas, unidades geomorfológicas, curvatura, densidad de la red de drenaje, etc.). Se elaboran cartografías que representan a cada uno de estos factores condicionantes (los cuales se denominan "mapas temáticos"), y luego, el equipo de expertos y expertas debe asignar distintos valores a los mapas (es decir, deben determinar cuánto pesa cada uno de esos mapas respecto a los otros).

Las formas en las que se asignan estos pesos son variadas, y de ellas se derivan múltiples métodos distintos. En Chile, los 2 métodos más extendidos (y que son recomendados por la guía del SERNAGEOMIN (2017) para el análisis de la susceptibilidad de mapas en escalas regionales, 1:25:000 a 1:250.000) corresponde a la "superposición de capas" (que es una ponderación simple entre los parámetros de los mapas) y la "evaluación espacial multi-criterio" (que puede incluir una ponderación diferenciada de los mapas temáticos, y/o una ponderación diferenciada de las clases al interior de cada mapa).

En el caso de la evaluación espacial multicriterio, se suele recomendar el uso de un procedimiento estandarizado de toma de decisiones denominado "proceso de análisis jerárquico" (AHP, por sus siglas en inglés).

Una dificultad general para los métodos de mapeo *indirecto* consiste en la determinación exacta de los pesos que se deben considerar. Por ejemplo, una combinación particular de factores puede ser un muy buen predictor en un área determinada, pero muy mal predictor en otras. Esto ocurre ya que el proceso de ponderación de los factores implica una generalización para todo el territorio en estudio, sin poder atender a las especificidades de este. Así, se recomienda que la decisión del peso de los factores debe estar fundamentada en un amplio conocimiento del territorio específico que se evalúa, y se recomienda validar cuidadosamente los resultados, en el sentido de detectar los sectores donde el modelo funciona bien, y dónde no lo hace.

Por otro lado, el hecho de poder aplicar un único criterio de zonificación, de manera sistematizada y en una amplia extensión territorial, tiene la ventaja de que permite mostrar con claridad cuáles fueron los criterios de decisión utilizados, y se pueden discutir de manera transparente entre técnicos, así como también pueden ser defendidos ante los tomadores de decisiones, incluso entendiendo que los pesos fueron designados con criterios subjetivos.

Estos métodos son recomendables en estudios de amenaza para IPT, tanto para PRC como para PRI. Sin embargo, si se utilizan en PRC, cuyas escalas de trabajo son de más detalle

(pueden variar entre 1:000 y 1:5.000), se recomienda validar los resultados con una visita a terreno adicional. Esto, ya que los criterios estandarizados podrían generar resultados inconsistentes en determinados sectores. En estos casos, se debe evaluar la aplicación de otro tipo de métodos, sectorizados, para asegurar una correcta determinación de la susceptibilidad. Las razones por las cuales se toma la decisión de aplicar otro tipo de métodos, y los criterios para decidir en qué sectores se llevarán a cabo, deben quedar debidamente presentados y justificados en el informe técnico del estudio.

3. Métodos basados en el manejo de *datos* (o enfoque estadístico)

Lo que define a este grupo de métodos es que la combinación de factores que condicionan la ocurrencia de remociones en masa en un lugar determinado (es decir, la distribución de pesos de los factores), se determina mediante un análisis estadístico y no a partir del criterio experto/a. Estos métodos utilizan el inventario de remociones para obtener estadísticamente la importancia relativa de cada uno de los factores (así como de las clases al interior de dichos factores).

Este enfoque es dividido en 3 grupos de métodos principales, según la forma en la que analiza sus estadísticas:

- Estadística bivariante

Cada mapa temático (pendientes, geología, curvatura, etc.) se combina con el mapa de distribución de remociones, y se establecen relaciones para cada clase (es decir, para las clases de pendientes, de unidades litológicas, de curvatura, etc.). Se pueden aplicar varios métodos estadísticos para calcular los pesos, como el peso de la evidencia, el método de valor informativo, la razón de frecuencia, entre varios otros.

Según la PMA (2007), dentro del enfoque estadístico, el bivariante es el más comúnmente utilizado, a pesar de que tiene la limitación de requerir un gran número de datos de inventario. Por esta misma razón, en el contexto nacional no es común encontrar este tipo de análisis.

- Estadística multivariante

En este caso se establece una correlación entre un grupo de variables de predicción y la densidad de movimientos en masa, para cada unidad de terreno. Según el PMA (2007), dada la complejidad que revisten estos cálculos, la dificultad de su calibración y la necesidad de contar con inventarios demasiado completos, este método en la práctica no es comúnmente utilizado para la zonificación de susceptibilidad de remociones en masa.

- Redes neuronales

Mediante un complejo sistema de funciones no lineales, se establecen organizaciones del tipo "red neuronal" para reconocer patrones y clasificaciones. La red se ve forzada a encontrar relaciones entre distintas variables y sus clases, dada una cierta distribución de remociones inventariadas. En Chile, este tipo de métodos pueden considerarse como "de vanguardia", ya que aún no han sido extensamente probados, más allá de círculos académicos o investigaciones de punta.

4. Métodos basados en *modelos físicos*

A diferencia de todos los anteriores, estos métodos utilizan modelos que simulan los principios y leyes físicas que conducen los procesos de remoción en masa. En general, se trata de modelos de estabilidad de laderas, donde el método más utilizado es el de "ladera infinita", en el que se determina un factor de seguridad que corresponde al cociente entre las fuerzas que resisten el movimiento y las fuerzas que lo favorecen. Un factor menor a 1.0 indica que el movimiento es inminente.

Estos métodos pueden dividirse en 2 grupos, los estáticos (no incorporan la variable tiempo) y los dinámicos (sí la incorporan). En el caso de los métodos que simulan deslizamientos superficiales, estos pueden modelar incluso la respuesta de los materiales frente a la infiltración de aguas lluvia, o el efecto de las aceleraciones sísmicas.

Se considera que los resultados de estos métodos son más concretos y confiables que los heurísticos y los estadísticos. Sin embargo, requieren de mayor tiempo de análisis, más recursos técnicos, puede haber complicaciones para obtener los parámetros de entrada y requieren de una sólida experiencia para interpretarlos. Además, para ser aplicados sobre áreas extensas (y no solo en laderas puntuales) se requiere de una homogeneidad respecto de los parámetros geológicos y geomorfológicos del lugar, así como una alta capacidad de recursos.

En el caso de estudios de amenaza para Instrumentos de Planificación Territorial, la aplicación de estos métodos de manera extensiva para todo el territorio resulta impracticable, ni para PRC ni para PRI. Sin embargo, dependiendo de las características del territorio, bien podría ser requerido un análisis puntual con modelaciones físicas de algún tipo, para sectores particulares. Lo anterior requiere de una adecuada y oportuna gestión de los recursos del estudio, en el sentido de que debe estar solicitado explícitamente en sus bases técnicas, y se deben destinar recursos suficientes para ello.

b) Susceptibilidad de alcance

Según el trabajo de Safeland (2011), en el caso de la susceptibilidad de alcance (o de distancia de viaje) los métodos para su evaluación se organizan (y se nombran) de una manera distinta de aquellos que evalúan la generación. Esto puede implicar confusiones entre los equipos de trabajo, ya que esta distinción es altamente específica. Sin embargo, conviene hacerla, ya que el proceso de análisis de ambos tipos de susceptibilidad (generación y alcance) tiene diferencias sustanciales. Mientras que en el caso de la generación lo decisivo son los factores que condicionan la *ocurrencia* del fenómeno, en el alcance se ponen en juego las variables que *transportan* y *depositan* el material ladera abajo.

Los dos grandes grupos de métodos que evalúan el alcance son: *(1) empíricos y (2) analíticos / racionales*.

1. Métodos *empíricos*

Los métodos *empíricos* se basan en observaciones de campo, en las relaciones entre parámetros morfométricos de las remociones, en las características de los posibles "senderos" que puede seguir la remoción (rugosidad, obstrucciones, etc.) y la distancia de

viaje de depósitos anteriores. Se fundamentan en algunos supuestos muy simplificados de la realidad física, y por lo mismo, la interpretación de sus resultados no siempre es evidente.

Estos métodos se pueden dividir en 3 subgrupos:

- Geomorfológicos: se basan en registros de remociones anteriores. El registro de depósitos antiguos y recientes son la base para determinar posibles alcances futuros. En caso de que los inventarios de remociones anteriores fueran lo suficientemente robustos y confiables, se pueden obtener estadísticas de distancias alcanzadas con sus probabilidades correspondientes.

  Una dificultad que tiene este tipo de métodos es que muchas veces los depósitos de remociones antiguas se encuentran suavizados o borrados por los procesos erosivos, o bien, se encuentran enterrados por otros procesos. Se recomienda usualmente para procesos de gran escala (alta magnitud y baja frecuencia), ya que es más probable que sus rasgos morfológicos aún sean visibles.

  Si bien su aplicación tiene varias limitaciones, pueden ser útiles en casos donde no se cuenta con otro tipo de métodos.

- Geométricos: utilizan métodos simples que relacionan algunos parámetros geométricos de las remociones y las máximas distancias de viaje observadas. Los dos más utilizados son el "ángulo de alcance" (para deslizamientos) y el "cono de la sombra" (para caídas). Al utilizar las máximas distancias de viaje observadas como referencia, los resultados de este método se consideran como "conservadores", pero al mismo tiempo "realistas", ya que se basan en datos directos de terreno.

  Cabe señalar que sus resultados no entregan los parámetros cinemáticos de las remociones (velocidad y energía cinética), pero sí pueden entregar una buena primera aproximación al problema de la evaluación de los alcances.

  Podrían ser útiles en estudios de amenaza para PRC, pero no para ser usados extensivamente sobre todo el territorio, sino más bien para sitios específicos que requieran de la aplicación de criterios especiales.

- Cambios de volumen: se utilizan principalmente para determinar alcances de flujos de detritos. Son métodos que aplican un balance entre el volumen que entra en el sistema y el que se deposita, correlacionando el largo, ancho y la pendiente de los depósitos, por tramos. Estos modelos establecen fórmulas para calcular los cambios de volumen a lo largo de la trayectoria del flujo, dividiendo el volumen del depósito por el largo; asumen una reducción progresiva aguas abajo, hasta que eventualmente el flujo se detiene.

  En el caso de los estudios de amenaza para PRC, podrían ser útiles para quebradas individuales, pero no se recomiendan para ser utilizados extensivamente el territorio en estudio.

2. Método*s analíticos / racionales*

Los métodos *analíticos / racionales* están basados en el uso de modelos matemáticos que simulan las leyes físicas del movimiento de las partículas, y pueden ser de distintos grados de complejidad. Se pueden clasificar en 2 subgrupos:

Modelos discretos: modelan el impacto de partículas simples con algún parámetro de restitución, que simula el roce con la topografía. Existen modelos sencillos, en que las partículas de la remoción no interactúan entre sí, y otros más complejos, que describen las fuerzas internas de contacto entre ellas. Estos modelos utilizan relativamente pocos parámetros de entrada (principalmente los coeficientes de fricción y de cohesión de los materiales). Se recomiendan principalmente para caída de rocas.

Pueden ser útiles tanto para estudios de amenaza a escala de PRC como de PRI. Un ejemplo de modelo discreto para evaluar alcances, que ha tenido cada vez más uso en estudios nacionales, corresponde al módulo de simulación GPP (*Gravitational Process Path Model*) del programa de código abierto SAGA-GIS.

- Modelos continuos: se basan en Mecánica de Medios Continuos, y pueden incluir una combinación de del comportamiento mecánico, hidráulico y termodinámico de las partículas. Tienen distintos niveles de complejidad, desde lo modelos 3D basados en modelos multifase, modelos 3D de presión-velocidad y aproximaciones simplificadas en 2D.

  Estas últimas tienen una correlación con las modelaciones hidráulicas presentadas en este anexo, en la sección de inundación por desborde de cauces. Si en ese tipo de modelaciones se incluye un porcentaje de material sólido, se obtiene la modelación de un flujo de detritos. Este tipo de modelaciones podría ser aplicable en quebradas específicas, para estudios de amenaza de PRC, pero no para todas las quebradas del territorio, ni para estudios de amenaza para PRI. Para más detalles ver la sección 1.1.

c) Peligrosidad

Tal como se dijo en la introducción de este capítulo, si bien la susceptibilidad puede funcionar como un paso previo para obtener la peligrosidad, también funciona como un resultado en sí mismo, que sí puede ser utilizado para la toma de decisiones en la planificación territorial (SafeLand, 2011). Esto cobra relevancia en el contexto chileno, ya que, en la mayoría de los casos, la falta de datos y la poca fiabilidad de los mismos, convierten el análisis de la peligrosidad en un resultado altamente impreciso. A su vez, este tipo de procedimientos, si bien han sido probado en áreas de estudio de grandes extensiones (tal vez comparables a las de los PRI), pierden su capacidad predictiva en áreas más acotadas, como pueden ser las áreas sujetas a planificación en un PRC.

Para pasar de la susceptibilidad a la peligrosidad, se requiere del cálculo de 3 tipos de probabilidades: (1) probabilidades espaciales de ocurrencia de las remociones, (2) probabilidades temporales de los desencadenantes de las remociones y (3) probabilidades de ocurrencia de la magnitud de las remociones. Estos parámetros probabilísticos son los que la diferencian de la susceptibilidad.

Por lo tanto, en caso de que el inventario de remociones sí esté lo suficientemente bien correlacionado con los registros históricos de lluvias y sismos (es decir, si se cuenta con información suficiente respecto de cuáles han sido los eventos de lluvia que han desencadenado determinado tipo de remociones, con su frecuencia y tamaño, y lo mismo para el caso de los sismos), entonces se puede determinar cuál es la intensidad de lluvia (o de sismos) que se requiere para que se empiecen a desencadenar cierto tipo de remociones, de cierto tamaño. Esa intensidad se denomina "umbral de excedencia".

Una vez que se ha determinado el umbral de excedencia, existen metodologías estadísticas para calcular la probabilidad de ocurrencia de dicha intensidad, en un determinado periodo de retorno. De este modo, esa probabilidad de ocurrencia, distribuida en el territorio, puede ser ponderada por la susceptibilidad para obtener una medida de la peligrosidad.

En Chile, como se plantea más arriba, generalmente los estudios de amenaza para remociones en masa entregan como resultado la susceptibilidad[11]. Los estudios en los que se ha obtenido la peligrosidad aún son escasos, aunque se puede mencionar el estudio pionero de SIGMA (2021). Como contraste, otro ejemplo de este tipo de métodos se puede revisar en la Guía Metodológica de Colombia (SGC, 2017), dedicada exclusivamente a remociones en masa. En Colombia, por sus características geográficas y por el alto nivel de desarrollo de la GRD, se cuenta con inventarios robustos y con información detallada respecto del tipo de remociones en masa que se desencadenan con determinadas intensidades de lluvias (particularmente de deslizamientos). Al hacer esta comparación, se aprecia una diferencia sustantiva en la cantidad y calidad de información de inventario que se dispone en ambos países.

Por lo mismo, la recomendación de aplicar la peligrosidad en los estudios de amenaza, particularmente para procesos de ladera, debe realizarse cuidadosamente, atendiendo a las particularidades de cada estudio y de cada territorio.

1.2.3 Remociones en masa

Una vez que ya se tiene el inventario de remociones, lo decisivo para el análisis de las remociones en masa es reconocer los factores que condicionan su ocurrencia.

Si bien los procesos de ladera (es decir, caídas, deslizamientos, volcamientos, deformaciones y propagaciones) y los flujos tienen diferencias entre sí, los factores que controlan su ocurrencia son genéricos: topografía, geología, suelos, hidrogeología, geomorfología hidrología, factor antrópico, clima y ambiente[12].

En el Cuadro 1.8, se presenta una síntesis de los factores condicionantes para caída de rocas (CR), deslizamientos (D) y flujos (F). Estos tres tipos de remociones son los que más comúnmente afectan al territorio nacional. A su vez, se categoriza la importancia relativa de cada uno de estos factores en la evaluación de la susceptibilidad, según 4 niveles: C = crítica, A = alta importancia, M = moderada importancia, B = baja importancia. Esta síntesis se

[11] Cabe destacar que la excepción a esta regla son los flujos de detritos, los cuales pueden ser analizados mediante modelaciones hidráulicas, entregando así la medida de la peligrosidad del fenómeno.
[12] Estos factores y sus descripciones fueron extraídos del trabajo de SERNAGEOMIN (2017).

extrae del trabajo de SERNAGEOMIN (2017), la cual fue realizada para el análisis de remociones en masa a escala regional.

Cuadro 1.8: Síntesis de los factores condicionantes

Grupo	Parámetro	Relevancia	Importancia según tipo de remoción		
			CR	D	F
Geomorfología	Ambiente geomorfológico	Montañoso, glacial, periglacial, denudacional, costero, tropical, etc.	A	M	A
	Remociones antiguas	Características del material y del terreno en sectores modificados, que lo hacen más propensos a la reactivación.	M	A	A
	Actividad de remociones históricas	Información histórica sobre la actividad de remociones en masa.	C	A	C
Uso de suelo y factor antrópico	Uso común del suelo	Tipo de cobertura de suelo, tipo de vegetación, cobertura de copa de árboles, profundidad de enraizamiento, peso.	A	A	A
	Cambios en el uso de suelo	Variación temporal en la cobertura y uso de suelo.	M	A	C
	Infraestructura vial	Zona de influencia de caminos y cortes de caminos en áreas con pendientes.	M	A	A
	Edificios	Taludes generados por la construcción de edificios.	M	M	A
	Redes de drenaje e irrigación	Fugas desde las redes que pueden provocar la generación de remociones en masa.	B	M	A
	Canteras y minería	Estas actividades alteran la geometría de laderas y la distribución de fuerzas. Vibraciones debido a las tronaduras pueden desencadenar remociones n masa.	A	A	A
	Represas y reservorios	Los reservorios cambian las condiciones hidrogeológicas del terreno. Las represas pueden fallas.	B	A	A
Terremotos y volcanes	Mecanismos de falla	Localización de la falla, tipo de falla, largo y zona de ruptura, falla cubierta o expuesta, distancia desde la falla, bloque colgante y yacente.	A	M	A
	Tipo de volcán	Altura y composición del edificio volcánico. Estabilidad de la cámara magmática.	M	M	A
	Tipo de erupción volcánica	Explosiones laterales, colapso de la cámara magmática, flujos piroclásticos y lahares.	M	M	A
Clima y ambiente	Temperatura	Influye de manera importante en la hidrología y las condiciones de vegetación. Cambios rápidos de temperatura, derretimiento de nieve, ciclos de hielo y deshielo, permafrost.	A	A	A

Fuente: extraído de SERNAGEOMIN (2017). CR: caída de roca. D: deslizamiento. F: flujo. Las 3 columnas de la derecha indican la importancia de cada parámetro en la evaluación de la susceptibilidad, para cada tipo de remoción. C: crítico. A: alta. M: moderada. B: baja.

a) Procesos de ladera

Para las remociones en masa en general, y para los procesos de ladera en particular, la forma en la que los factores condicionantes están interrelacionados entre sí (es decir, sus retroalimentaciones) es de alta complejidad. A su vez, el tipo de afectaciones que tienen los

procesos de ladera sobre el territorio es dependiente de la energía cinética de su movimiento. Por lo tanto, la intensidad que puede tener un evento depende de la velocidad y del volumen (o masa) desplazado. Esto implica que existen múltiples combinaciones posibles para tener una misma intensidad, ya que bloques de distintos tamaños, según sus velocidades, podrían tener la misma energía cinética.

En el contexto geográfico nacional, resulta muy poco probable que se disponga de información suficiente como para asignar una recurrencia precisa y fidedigna a este tipo de amenazas, y asociar esas recurrencias a cierto tipo de eventos, a ciertos tamaños de remociones, con cierta distribución de velocidades y de volúmenes. Por lo tanto, los análisis de los procesos de ladera generalmente quedan acotados a la susceptibilidad (es decir, al análisis de sus condicionantes) y no de la peligrosidad.

Las metodologías que suelen utilizarse para evaluar la susceptibilidad de procesos de ladera, son de enfoque heurístico, específicamente a través del mapeo directo de la amenaza, o bien, a través del mapeo indirecto (particularmente, mediante evaluación espacial multicriterio). Menos comunes son los métodos estadísticos bivariantes, con la aplicación del peso de la evidencia.

Si bien los factores que controlan la ocurrencia de los proceso de ladera pueden variar considerablemente entre distintos territorios, los aspectos topográficos (pendiente, elevación, relieve, disposición, orientación, forma, curvatura, rugosidad) y geológicos (tipo de roca, meteorización, discontinuidades, orientación de estructuras, fallas), suelen ser los factores de primer orden. Estos factores pueden verse acentuados por otros, dependiendo del área de estudio en particular. En cualquier caso, los fenómenos de remociones en masa inventariados siempre juegan un rol clave en el reconocimiento de los factores a considerar en la evaluación.

Por otro lado, el tipo de resultado a partir del cual se obtiene la susceptibilidad es altamente dependiente del tipo de método que se usa (por ejemplo, no es lo mismo tener categorías de susceptibilidad obtenidas a partir de un mapeo directo de la amenaza, que de un método estadístico bivariante). Por lo mismo, para esta amenaza, no es factible entregar criterios físicos específicos para asignar sus niveles.

En la literatura técnica comparada, en el trabajo de SERNAGEOMIN (2017) existe una recomendación general respecto de cómo debe asignarse el nivel muy alto de la amenaza, cuando se trabaja con la susceptibilidad de remociones en masa, que toma en consideración la distribución de las remociones en el lugar que se estudia:

"Se aconseja incluir el mayor número de remociones en masa posible en aquellos sectores clasificados como de mayor susceptibilidad, tratando de mantener, a la vez, el mínimo de superficie para dichas clases. Es decir, las clases mayores de susceptibilidad deben tener los valores más altos de densidad de remociones en masa, incluso si esta no es calculada."

Por su parte, en el trabajo de SGC (2017), para las clases de susceptibilidad de remociones se proponen los siguientes criterios generales:

Muy Atlo: *"Corresponde a los movimientos en masa obtenidos en el inventario de procesos morfodinámicos. En estas áreas se incluyen los movimientos tipo deslizamiento y caída. Los polígonos de flujos clasificados como avenida torrencial o reptación no hacen parte de esta categoría"*

Alto y Moderado: *"En estas categorías debe incluirse la descripción de los tipos de movimiento que pueden ocurrir y una descripción breve de los factores geoambientales que condicionan esta posibilidad, haciendo énfasis en la importancia relativa de cada factor de acuerdo con las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos en el análisis de cada tipo de movimiento. Cada tipo de movimiento está condicionado por un factor o una combinación de factores específica, que debe describirse de manera precisa en la leyenda."*

Poco significativo (o Bajo): "*deben incluirse la descripción de las características geoambientales que condicionan la ausencia o muy baja posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa. Esta descripción también debe estar basada en la importancia relativa de cada factor de acuerdo con las hipótesis planteadas y los resultados de los análisis por tipo de movimiento que se hayan realizado."*

En el marco de este anexo metodológico, cualquier criterio que se aplique para definir niveles de amenaza debe tener coherencia con el marco general que se ha propuesto en el cuerpo central de esta guía. En el caso de los procesos de ladera, una vez que se ha realizado el análisis, se debe describir claramente cuáles son los factores que se reconocen como condicionantes, indicando la importancia relativa que se le asigna a cada factor.

Por otro lado, no todos los territorios están expuestos a los mismos procesos de ladera. En determinados lugares podría ser descartada la ocurrencia de cierto tipo de fenómenos (por ejemplo, si no existen evidencias de deformación, propagación o volcamientos, ni tampoco se observan condiciones para su ocurrencia, el mapa de amenaza de procesos de ladera podría estar referido únicamente a caídas y deslizamientos).

La recomendación general es que los procesos de ladera se evalúen de manera separada, ya que los factores que condicionan uno u otro tipo suelen ser lo suficientemente distintos. Con respecto a las diferencias entre zonas de generación y de alcance, si un punto del territorio tiene 2 niveles de amenaza distintos (uno por generación y otro por alcance), se debe dar prioridad a los niveles mayores.

Una vez que se ha hecho el proceso de zonificación por separado entre los distintos procesos de ladera, igualmente se debe realizar un mapa adicional, donde se muestre el resultado genérico de todos los procesos de ladera combinados, con los 4 niveles de amenaza. En esta superposición, se debe resguardar que los niveles de amenaza más altos tomen prioridad por sobre los niveles de amenaza más bajos.

En casos muy específicos, puede ser conveniente agrupar el análisis de distintos procesos de ladera. Por ejemplo, se puede tomar el caso de un farellón rocoso de gran desnivel (cientos de metros), donde las caídas de roca tienen grandes alcances e intensidades (mucho mayores que el fenómeno de los deslizamientos, que está acotado a las coberturas de no consolidado a la base del farellón, con alcances menores e intensidades bajas). En este caso, si la amenaza de caídas contiene espacialmente a la amenaza de deslizamientos y, a su vez, tiene un mayor impacto sobre el territorio, entonces podría justificarse la realización de un solo análisis (el de caídas) que represente espacialmente a ambos procesos. Este tipo de decisiones deben quedar explicitadas y bien fundamentadas en el informe técnico.

b) Flujos

Esta amenaza se puede analizar mediante métodos cuantitativo, como modelos hidráulicos, o con otros métodos de carácter cualitativo, como podría ser la geología y geomorfología.

Los métodos cualitativos son una herramienta eficiente para analizar toda el área de estudio, lo que permite construir un diagnóstico inicial de toda el área. Los productos que se pueden obtener de este análisis son la asignación de los niveles amenaza, que se puede traducir en una zonificación con un nivel de detalle mayor en la medida que se cuente con mejor información para ello, y una priorización de los cauces que requieren analizarse por otros métodos. En la medida que la información sea lo suficientemente detallada y que los cauces no estén muy intervenidos, la zonificación mediante criterios cuantitativos puede ser adecuada. Una ventaja de este tipo de modelos es que las evidencias perduran por un período mucho más largo.

Los métodos cuantitativos son una herramienta adecuada para analizar cauces específicos, en sectores acotados, y son una herramienta eficiente en cauces complejos. Difícilmente se puede analizar la totalidad de los cauces mediante modelos numéricos. Un caso en que la modelación numérica resulta particularmente eficiente es en cauces muy intervenidos, ya sea por obras destinadas a contener o encauzar los flujos o por otro tipo de infraestructura. Mayores detalles acerca de las herramientas disponibles para el análisis cualitativo de los flujos se encuentran en este anexo, en el capítulo referido a inundación por desborde de cauces.

Como los flujos suelen relacionarse con eventos de precipitaciones, los antecedentes hidrológicos pueden ser una buena referencia para cuantificar la recurrencia asociada a la amenaza. Sin embargo, como en este caso también incide la fracción sólida, se deben incluir otras variables diferentes, como la temperatura, que puede condicionar la cantidad de sedimento que arrastra un determinado flujo. Esto implica una mayor incerteza en la asignación de la recurrencia. Por otra parte, el escenario actual de cambio climático aumenta la incerteza respecto de la recurrencia de los flujos.

En caso de que se utilicen modelaciones hidráulicas, se recomienda utilizar las asignaciones propuestas por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) para asignar los niveles de amenaza, que se basa en la altura y velocidad de escurrimiento[13]. Este criterio se sintetiza en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.9 Criterios para definir intensidad de flujos en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v).

Intensidad[14]	**CRITERIO DOH-MOP**		
Alta	$H \geq 1$ m	o	$v * H \geq 1{,}5$ m^2/s
Media	$0{,}5$ m $\leq H < 1$ m	o	$0{,}5$ m^2/s $\leq v * H < 1{,}5$ m^2/s
Baja	$0{,}1$ m $\leq H < 0{,}5$ m	o	$0{,}1$ m^2/s $\leq v * H < 0{,}5$ m^2/s
Muy baja	0 m $< H < 0{,}1$ m		0 m^2/s $< v*H < 0{,}1$ m^2/s
Despreciable	$H = 0$ m		$v*H = 0$ m^2/s

Fuente: Basado en los criterios definidos por DOH MOP.

[13] Ordinario DOH N° 2852 (30 de septiembre de 2021).
[14] Las categorías para los intervalos de intensidad se pueden nombrar de distintas maneras. MOP-DOH usa "alta", "media" y "baja". En esta tabla se agregaron las categorías "muy baja" y "despreciable". En otros trabajos también se usa "extremo", "fuerte", "medio", "débil" y "despreciable", o también numérico (i1, i2, i3, i4, etc.).

Una vez que se han asignado niveles de intensidad, se recomienda utilizar la siguiente matriz para asignar niveles de amenaza:

Cuadro 1.10 Criterios para asignar niveles de amenaza de inundación por desborde de cauces en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante del modelo.

		Recurrencia			
		< 10 años	10 – 50 años	50 – 100 años	≥ 100 años
Intensidad	Alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta
	Media	Muy alta	Alta	Moderada	Moderada
	Baja	Alta	Moderada	Moderada	Poco significativa
	Muy baja	Moderada	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa
	Despreciable	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa

Fuente: Elaboración propia.

En cualquier caso, la mejor alternativa para zonificar esta amenaza considera utilizar simultáneamente información generada mediante modelación hidráulica y antecedentes geológicos-geomorfológicos.

1.2.4 Procesos de subsidencia

La subsidencia corresponde a la manifestación superficial de diferentes procesos subterráneos de deformación, que se manifiestan en superficie como el hundimiento del terreno. Cada uno de estos procesos es consecuencia de mecanismos diferentes. La metodología para analizar esta amenaza depende del mecanismo que da origen al proceso. A continuación, se analizan algunos de los diferentes casos reconocidos (Tomás, Herrera, Delgado, & Peña, 2009). El resto de los casos de subsidencia son poco relevantes para los instrumentos de planificación territorial.

a) Subsidencia por disolución subterránea

Hace referencia a la disolución de materiales generalmente de origen natural, como cloruro sódico, yeso y carbonatos. En Chile, esta situación se asocia a la zona norte del país, donde las condiciones geológicas, geográficas y climáticas favorecen la génesis de depósitos salinos (INN, 2016).

La NCh 3394 (Suelo Salino – Requisitos geotécnicos y de instalaciones sanitarias para diseño y ejecución de obras) define los estándares bajo los cuales se debe construir en áreas que presentan condiciones favorables para esta amenaza. Por lo tanto, los instrumentos de planificación territorial deberán definir las áreas que podrían presentar condiciones favorables para esta amenaza. Estas áreas resultan de las unidades geológicas que existen en el área.

La definición de áreas de riesgo permite tomar medidas desde las metodologías de construcción para enfrentar esta amenaza. De esta forma, se recomienda asignar un nivel de amenaza alto a estas zonas, excepto en los casos en que existe otra amenaza que pudiera agravar la situación (por ejemplo, fallas que pudieran generar ruptura superficial). En estos casos, se recomienda la asignación de un nivel de amenaza muy alto.

b) Subsidencia por construcción de obras subterráneas o galerías mineras

Se refiere al hundimiento de la superficie del terreno, debido a la deformación y/o colapso de galerías generadas para la extracción de minerales o la construcción de túneles.

En el caso de faenas actuales o relativamente recientes, las áreas afectadas por esta amenaza se encuentran bien definidas, mientras que para las faenas más antiguas las redes de túneles pueden desconocerse parcial o totalmente.

Los instrumentos de planificación territorial deben buscar evitar el uso del territorio en las áreas donde existe condiciones favorables para esta amenaza y, en las áreas consolidadas, se deben tomar medidas para evitar el aumento de la vulnerabilidad.

c)Subsidencia por compactación

Se refiere a la consolidación del terreno como consecuencia del peso que ejercen los sedimentos o las construcciones. Algunos desencadenantes de este tipo de subsidencia son las vibraciones producidas por terremotos, explosiones y extracción de fluidos (agua, gas, petróleo).

Se identifican dos casos relevantes para la planificación territorial en Chile.

El primero de ellos es la subsidencia producto de la despresurización que resulta de la extracción de aguas subterráneas, que favorece la compactación y el consecuente hundimiento del terreno. Esta amenaza es difícil de percibir, porque actúa de forma muy lenta y relativamente homogénea en el terreno, pero sus efectos pueden ser importantes.

Además de la extracción de agua, posiblemente el principal condicionante es la existencia de unidades acuíferas con alto contenido de materiales finos, que son más propensos a compactarse.

Para esta amenaza, no es posible establecer o recomendar a priori una metodología de análisis, sin embargo, esta debe tener por objetivo identificar los factores condicionantes.

El segundo corresponde a materiales geológicos que presentan condiciones favorables para compactarse producto de sismos (el caso más relevante corresponde a los rellenos artificiales). Esta es una de las causas que determina la importancia de reconocer los rellenos artificiales que existen en el área planificada por el instrumento de planificación territorial. Por lo tanto, la metodología se debe orientar a identificar este tipo de depósitos, lo que puede ser muy difícil en territorios muy consolidados.

La mitigación de ambos tipos de subsidencia se debe enfrentar desde los métodos de construcción. Por lo tanto, es adecuada la definición de áreas de riesgo en estos sectores, que

entreguen herramientas para exigir métodos constructivos adecuados. En consecuencia, se debe asignar un nivel de amenaza alto o, en casos extremos, muy alto.

1.3 AMENAZAS VOLCÁNICAS

1.3.1 Descripción general

Los volcanes corresponden a zonas en la corteza terrestre donde el magma alcanza la superficie. Existen distintos tipos de volcanes, cuyas morfologías y tipos de erupciones, se relacionan con el contexto geológico, composición química del magma y con su propia historia eruptiva.

Los volcanes se consideran geológicamente activos cuando han tenido, al menos, una erupción en los últimos 11.700 años (Holoceno) o bien, cuando, sin certeza de esto último, presentan signos de actividad como desgasificación, sismicidad o deformación del terreno.

Existen diversos tipos de procesos volcánicos considerados como amenazas. Entre ellas se encuentran caída de piroclastos, corrientes de densidad piroclástica, lahares, flujos de lava, emisiones de gases, avalanchas volcánicas, sismos asociados a volcanismo y tsunamis gatillados por actividad volcánica.

A continuación, se describen cuatro de las principales amenazas, que corresponden a las amenazas más frecuentes y que, en general, es posible zonificar. Estas definiciones se basan en el trabajo de MIAVITA (2012).

Caída de piroclastos: material emitido al aire durante erupciones explosivas que son arrastrados por los gases calientes propios de la columna eruptiva o, que también, es eyectado a partir de explosiones en el centro de emisión, y que luego cae a la superficie terrestre por gravedad. Los fragmentos pueden ir desde los 0,001 mm hasta más de 10 m. En función del tamaño se clasifican en ceniza (<2 mm), lapilli (2-64 mm) o bomba/bloque (>64 mm). La caída de piroclastos finos o ceniza puede afectar grandes áreas y a un gran número de personas ya que son transportados por el viento. Por otro lado, las bombas y bloques siguen una trayectoria balística parabólica y pueden alcanzar distancias de hasta 10 km desde el origen de la erupción (sin embargo, normalmente su alcance es de unos 5 km).

Corrientes de densidad piroclástica (PDC, por sus siglas en inglés): son flujos controlados por la gravedad formados por gas y rocas volcánicas fragmentadas. Se transportan por las laderas del volcán a velocidades de entre 10 y 100 km/h, con temperaturas que pueden superar los 700 °C. Pueden ser gatilladas por diversas causas como: colapso gravitacional de una columna eruptiva, colapso gravitacional de un domo o lava silícea empinada, explosiones freatomagmáticas (en las que interactúan las rocas volcánicas calientes con agua externa), explosiones laterales, o por interacción de flujos de lava con nieve o hielo en volcanes de flancos empinados, entre otras. Estas corrientes han sido tradicionalmente llamadas flujos piroclásticos, pero en la actualidad la comunidad científica los denomina PDC ya que así se pueden caracterizar de mejor manera sus diferentes comportamientos a causa de la variabilidad en su densidad.

Según las diferencias de densidad, en general se dividen entre PDC diluido y PDC concentrado. A los más diluidos, es decir más ricos en gases, se les llama **oleadas piroclásticas**. Son extremadamente móviles (alcanzan velocidades de decenas a centenas de km/h, y excepcionalmente incluso pueden llegar hasta los 500 km/h) y producen

depósitos finos, con espesores centimétricos a decimétricos. A los PDC más densos se les llama **flujos piroclásticos**, y su desplazamiento está controlado por la topografía, por lo que generalmente avanzan por valles o zonas de bajas altitudes.

Lahares: corresponden a flujos de detritos formados por agua y material volcánico suelto. Para que se formen lahares debe haber agua, abundante material volcánico suelto y pendientes favorables, lo cual puede ocurrir en lugares de lluvias intensas tropical y/o con presencia de glaciares y lagos. Los lahares usualmente se desplazan por los cauces que descienden por laderas volcánicas y pueden alcanzar distancias de decenas a centenas de kilómetros desde su origen.

Los lahares pueden ocurrir durante una erupción (lahares primarios) o después de una erupción (lahares secundarios). Los **lahares primarios** pueden formarse de distintas maneras: por la erupción explosiva de un lago ubicado en un cráter, por el derretimiento de nieve y/o hielo provocado por lavas o flujos piroclásticos, o por la movilización de depósitos de tefra a causa de lluvias intensas. Los **lahares secundarios** pueden ocurrir horas, años o miles de años después de una erupción y pueden formarse por removilización de depósitos de tefra por lluvias intensas, deslizamientos en laderas de volcanes que se encuentran alteradas por actividad fumarólica durante lluvia torrencial, o por caída de material volcánico represando lagos.

Flujos de lava: corresponde a roca fundida emitida por un volcán durante una erupción, con temperaturas que van desde los 650 °C a los 1200 °C. Las lavas pueden fluir y alcanzar distintas distancias a una gran variedad de velocidades (desde pocos metros a decenas de km/h) lo que depende de su composición, temperatura, tasa efusiva, viscosidad, densidad y de la topografía de la superficie por la cual se desplazan.

1.3.2 Metodologías

De acuerdo con el trabajo recopilatorio de Ogburn, et al. (2023), las metodologías utilizadas para la construcción de mapas de amenaza volcánica en el mundo, por lo general se basan principalmente en uno de los siguientes métodos o una combinación de ellos:

- *Historia geológica*: incluye registros históricos de la historia eruptiva, mapeo de campo e interpretación de los depósitos e información de volcanes análogos. También puede incluir criterio experto o diagramas de árbol de eventos para incorporar el conocimiento geológico y la información análoga.
- *Modelación de escenarios*: utiliza modelos numéricos para simular escenarios de erupciones de interés. Se basa en un número limitado de modelaciones con parámetros de entrada seleccionados que permitan modelar escenarios específicos basados en la historia eruptiva.
- *Modelación probabilística*: se basa en un gran número de modelaciones, del orden de miles, junto con un tratamiento estadístico de los parámetros de entrada. Dado que el objetivo de estos mapas es mostrar diferentes probabilidades de un proceso, estos mapas sueles ilustrar un solo proceso volcánico a la vez.

La metodología propuesta a continuación propone una combinación entre estos métodos y está fundamentada en tres trabajos principales:

- MIAVITA (2012). Handbook for Volcanic Risk Management. Prevention, crisis management, resilience.

- Jorquera, C. (2018). Análisis de peligro volcánico por flujos de lava y corrientes de densidad piroclástica en los estratovolcanes activos Callaqui, Llaima, Lonquimay, Tolhuaca, Villarrica y Mocho-Choshuenco, Chile.
- Vera, F. (2023). Avances y desafíos en la evaluación de peligros volcánicos en la Red Nacional de Vigilancia Volcánica de Chile.

Además, se tuvo como referencia el trabajo realizado por la Unidad de Geología y Peligros de Sistemas Volcánicos de SERNAGEOMIN, en particular dos de sus más recientes mapas:

- Toloza, V.; Jorquera, C.; Mella, M; Gho, R. (2020) Peligros del Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle, regiones de Los Ríos y Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 36: 63 p., 1 mapa escala 1:75.000. Santiago.
- Vera, F.; Jorquera, C.; Amigo, Á.; Bertin, L. (2022). Peligros de los volcanes Descabezado Grande, Cerro Azul, Quizapu y centros eruptivos menores, región del Maule. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental 39: 99 p., 1 mapa escala 1:75.000. Santiago.

Antecedentes

La recopilación y revisión de antecedentes tiene por objeto conocer lo mejor posible el volcán o volcanes que se encuentran en el territorio. La información requerida para tener un conocimiento acabado de los centros eruptivos se puede obtener a partir de estudios técnicos y científicos, y de reportes de monitoreo volcánico. A continuación, se mencionan los principales insumos necesarios:

- *Historia eruptiva*: esta información se obtiene de los estudios geológicos y sus dataciones, pero también de los registros históricos existentes. Conocer la historia eruptiva permite comprender la dinámica pasada y actual del volcán y estimar su evolución a futuro. Esto incluye poder conocer ubicación de los cráteres, altura de columnas eruptivas, volúmenes eruptados, tasas eruptivas, duración de erupciones, recurrencia eruptiva.
- *Mapas geológicos*: idealmente un mapa geológico específico del volcán, que incluya los depósitos volcánicos más recientes y/o extensos y sus características principales (tipo de depósitos, estilo eruptivo, química, etc.), sus edades relativas o absolutas y las características estructurales principales. Esta información permite reconocer el tipo de actividad que ha tenido el volcán y tener una noción de los alcances que han tenido sus productos volcánicos para identificar zonas susceptibles a ser afectadas por procesos volcánicos.
- *Geomorfología*: resulta necesario obtener un modelo de elevación digital (DEM) de alta resolución que abarque desde el volcán hasta el área que se va a planificar. El DEM permite reconocer la geomorfología (las formas del territorio) que dan indicios de erupciones previas y, además, permite evaluar el alcance y dispersión de aquellas amenazas volcánicas que dependen fuertemente de la topografía.

Diagnóstico

El diagnóstico se desarrolla usando como base los antecedentes recopilados para poder caracterizar el o los volcanes. Esta caracterización se debe orientar a entregar información para la definición de escenarios eruptivos y la modelación de las amenazas. La selección de

las amenazas volcánicas que se evalúan se realiza en función de la historia eruptiva de cada volcán. Así, la caracterización se debe orientar a las siguientes variables:

- Zonas de cráteres (zonas con similar probabilidad de activación de cráteres)
- Reconocimiento de alcances, magnitudes, volúmenes y otros parámetros físicos de las amenazas volcánicas, que sean de utilidad para la posterior aplicación de modelos numéricos.
- Eventos históricos y prehistóricos.
- Definición de erupciones de referencia con sus características.

Es importante considerar que el registro geológico puede mostrar erupciones extremadamente antiguas e improbables y, por lo tanto, se debe definir, en el marco de la planificación territorial, cuáles son los eventos que se quieren considerar para la toma de decisiones. Esta decisión debe ser el resultado de la revisión de eventos históricos y prehistóricos, que permitan escoger las erupciones que se utilizarán como referencia.

A continuación, se presentan algunas variables específicas según el tipo de amenaza que se analiza (Cuadro 1.11).

Cuadro 1.11 Variables requeridas para el estudio de cada amenaza.

Amenaza	Variables específicas de la amenaza
Caída de piroclastos	Tamaño y distancia alcanzada, espesor a diferentes distancias, direcciones y velocidad de viento, tasa de acumulación
Corrientes de densidad piroclástica (PDC)	Volumen o área de influencia, morfologías.
Lahares	Material suelo, precipitaciones importantes, hielo, nieve, posibles represamientos, lagos cratéricos.
Flujos de lava	Composición y morfologías.

Fuente: Elaboración propia.

Existen distintas formas de establecer escenarios. En general se consideran diferentes tamaños de erupciones, basados en el Índice de Explosividad Volcánica (VEI), o diferentes rangos de volúmenes de las amenazas volcánicas. Otra posibilidad es considerar escenarios basados en el estilo eruptivo o proceso de amenaza, como efusivo, explosivo, formación de domo, erupción freática, formación de lahares por lluvia o derretimiento de nieve. También es posible considerar el escenario más probable o el peor escenario considerando erupciones pasadas específicas, ya sea del volcán de estudio o un volcán análogo.

1.3.3 Caída de piroclastos

La caída de piroclastos debe considerar dos situaciones de forma paralela, relacionadas con el material grueso y fino.

El análisis de esta amenaza debe utilizar como indicador las evidencias, es decir, el alcance y tamaño de los bloques para el material grueso y el espesor acumulado en función de la distancia al centro eruptivo y tasas de acumulación para el material fino. Además, deben considerarse variables climáticas (velocidad y dirección).

La caída de material más grueso (bombas o bloques) que siguen trayectorias balísticas puede provocar destrucción de edificios o lesiones (o incluso muerte) de personas. Por lo tanto, si es que la recurrencia de las erupciones lo justifica, se debe considerar que el área no presenta condiciones para su utilización de forma segura, y por lo tanto, se debe asignar un nivel de amenaza muy alto.

La acumulación de material piroclástico fino puede afectar a las edificaciones como una sobrecarga, que debe enfrentarse mediante exigencias constructivas que impidan la acumulación de material. Si bien es una amenaza que puede producir efectos importantes, existen medidas concretas que se pueden definir en instrumentos de planificación territorial (por ejemplo, pendiente de los techos). En este sentido, el nivel de amenaza moderado es suficiente para enfrentar esta amenaza.

Para el caso de bombas o bloques, es posible utilizar un modelo probabilístico denominado Ballistics (Bertin, 2017) y para el material piroclástico más fino se puede usar el modelo Tephra 2 (Bonadonna, y otros, 2005)

1.3.4 Corrientes de densidad piroclástica (PDC)

La intensidad de un PDC, representada por el alcance del proceso, va a estar asociada a la recurrencia de la amenaza y, por lo tanto, se define a partir de los escenarios eruptivos establecidos. Se sugiere establecer estos escenarios para una recurrencia de menor a 100 años, entre 100 y 1000 años y mayor a 1000 años. Sin embargo, esto puede ser modificado, según el registro eruptivo estudiado y sus características. Para cada escenario existen dos opciones de intensidad el máximo (capacidad para destruir todo como resultado del evento) y el nulo. Dadas las características del proceso, no corresponde la asignación de niveles de intensidad intermedios

Aunque es posible obtener el alcance a partir de antecedentes geológicos y de modelaciones numéricas de forma separada, los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan ambas fuentes de información de forma conjunta. En los casos que exista información, se puede establecer el o los escenarios y modelarlos. En los casos que no hay información, se debe utilizar un volcán análogo o utilizar modelos probabilísticos. Para los PDC algunos de los modelos numéricos que se utilizan son: Conos de energía de secciones transversales rectas (Malin & Sheridan, 1982) y Volcflow (Kelfoun & Druitt, 2005). El criterio general para la asignación de niveles de amenaza bajo este enfoque se sistematiza en el esquema del Cuadro 1.12.

Cuadro 1.12 Criterios para asignar niveles de amenaza de corrientes de densidad piroclástica en función de la recurrencia y el alcance.

		Recurrencia		
		≤ 100 años	> 100 años ≤ 1000 años	> 1000 años
Intensidad	Con alcance asociado a escenario eruptivo para la recurrencia dada	Muy alto	Alto	Moderado
	Sin alcance	Poco significativo	Poco significativo	Poco significativo

Fuente: Elaboración propia.

1.3.5 Lahares

Los lahares se pueden analizar mediante diferentes enfoques. A continuación, se describen algunos de ellos, partiendo desde los más simples hasta los más complejos.

El primero de ellos se basa en antecedentes geológicos y geomorfológicos, que complementados con información climática e histórica entregan un marco general para la identificar si es que existen condiciones para que se generen lahares. Esta forma de analizar la amenaza entrega una primera visión de esta amenaza, pero, además, sirve como base para desarrollar cualquier otra metodología.

Luego, existen modelos numéricos que permiten identificar las zonas afectadas por la amenaza, para un determinado escenario (basado en características de depósitos laháricos para cierta recurrencia y/o volumen de agua de disponible). Este es el segundo enfoque.

Se propone establecer escenarios para una recurrencia de menor a 100 años, entre 100 y 1000 años y mayor a 1000 años. Pero esto puede ser modificado, según el registro eruptivo estudiado y sus características.

Para los lahares algunos de los modelos numéricos que utilizados son: LaharZ (Schilling, 1998), Ramms (WSL, 2013) y LaharFlow (https://www.laharflow.bristol.ac.uk/).

El criterio general para la asignación de niveles de amenaza bajo este enfoque se sistematiza en el esquema del siguiente cuadro.

Cuadro 1.13 Criterios para asignar niveles de amenaza de lahares en función de la recurrencia y el alcance.

		Recurrencia		
		≤ 100 años	> 100 años ≤ 1000 años	> 1000 años
Intensidad	Con alcance asociado a escenario eruptivo para la recurrencia dada	Muy alto	Alto	Moderado
	Sin alcance	Poco significativo	Poco significativo	Poco significativo

Fuente: Elaboración propia.

El enfoque descrito anteriormente es adecuado para aplicarse en instrumentos de planificación territorial de escala intercomunal y, posiblemente, comunal.

El tercer enfoque está orientado a definición de niveles de amenaza en zonas acotadas y se debiera aplicar únicamente en instrumentos de planificación territorial de alcance comunal.

Este consiste en que, una vez que se tiene el volumen que escurre, se utilizan modelos hidráulicos para estimar alturas y velocidades de escurrimiento. Para poder utilizar este tipo de modelos se requiere contar con una gran cantidad de información, que difícilmente estará disponible con el nivel de detalle adecuado para ser utilizado en instrumentos de planificación territorial.

Para estos casos, se recomienda asignar los niveles de intensidad utilizando los criterios propuestos por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), que se basa en la altura y velocidad de escurrimiento[15], que se sintetizan en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.14 Criterios para definir intensidad de inundación por desborde de cauces en función de alturas de inundación (H) y/o velocidades de escurrimiento (v).

Intensidad[16]	CRITERIO DOH-MOP		
Alta	$H \geq 1$ m	o	$v * H \geq 1{,}5$ m^2/s
Media	$0{,}5$ m $\leq H < 1$ m	o	$0{,}5$ m^2/s $\leq v * H < 1{,}5$ m^2/s
Baja	$0{,}1$ m $\leq H < 0{,}5$ m	o	$0{,}1$ m^2/s $\leq v * H < 0{,}5$ m^2/s
Despreciable	$H < 0{,}1$ m		$v*H < 0{,}1$ m^2/s

Fuente: Basado en los criterios definidos por DOH MOP.

Una vez que se han asignado niveles de intensidad, se recomienda utilizar la siguiente matriz para asignar niveles de amenaza:

Cuadro 1.15 Criterios para asignar niveles de amenaza de lahares en función de la recurrencia modelada y la intensidad resultante de la modelación hidráulica.

		Recurrencia		
		≤ 100 años	> 100 años ≤ 1000 años	> 1000 años
Intensidad	Alta	Muy alta	Alta	Alta
	Media	Alta	Moderada	Moderada
	Baja	Moderada	Moderada	Poco significativa
	Despreciable	Poco significativa	Poco significativa	Poco significativa

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que se obtienen mediante modelaciones hidráulicas son menos conservadores que mediante los enfoques anteriores. Esto tiene que ver con que estos modelos cuentan con una mayor certeza respecto de los resultados generados.

Por otro lado, si se comparan los criterios definidos para lahares con los de inundación por desborde de cauces, se observa que los primeros son más restrictivos. Esto se debe a que los escenarios en el caso de lahares son más inciertos que en inundaciones por desborde de cauces.

[15] Ordinario DOH N° 2852 (30 de septiembre de 2021).
[16] Las categorías para los intervalos de intensidad se pueden nombrar de distintas maneras. MOP-DOH usa "alta", "media" y "baja". En esta tabla se agregaron las categorías "muy baja" y "despreciable". En otros trabajos también se usa "extremo", "fuerte", "medio", "débil" y "despreciable", o también numérico (i1, i2, i3, i4, etc.).

1.3.6 Flujos de lava

Al igual que para los PDC, la intensidad de los flujos de lava, representada por el alcance del proceso, va a estar asociada a la recurrencia de la amenaza y, por lo tanto, se define a partir de los escenarios eruptivos establecidos. Se sugiere establecer estos escenarios para una recurrencia de menor a 100 años, entre 100 y 1000 años y mayor a 1000 años. Sin embargo, esto puede ser modificado, según el registro eruptivo estudiado y sus características. Para cada escenario existen dos opciones de intensidad el máximo (capacidad para destruir todo como resultado del evento) y el nulo. Dadas las características del proceso, no corresponde la asignación de niveles de intensidad intermedios.

Aunque es posible obtener el alcance a partir de antecedentes geológicos y de modelaciones numéricas de forma separada, los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan ambas fuentes de información de forma conjunta. En los casos que exista información, se puede establecer el o los escenarios y modelarlos. En los casos que no hay información, se debe utilizar un volcán análogo o utilizar modelos probabilísticos. Para los flujos de lava uno de los modelos numéricos que se utilizan es: Q-LavHA (Mossoux, y otros, 2016).

Cuadro 1.16 Criterios para asignar niveles de amenaza de flujos de lava en función de la recurrencia y el alcance.

		Recurrencia		
		≤ 100 años	> 100 años ≤ 1000 años	> 1000 años
Intensidad	Con alcance asociado a escenario eruptivo para la recurrencia dada	Muy alto	Alto	Moderado
	Sin alcance	Poco significativo	Poco significativo	Poco significativo

Fuente: Elaboración propia.

1.4 AMENAZAS SÍSMICAS

1.4.1 Descripción general

Un sismo es el resultado de la liberación de energía en forma de ondas que ocurre durante el proceso de ruptura en una falla geológica. Esta energía se acumula debido a los esfuerzos tectónicos en la litósfera y se libera cuando estos superan la resistencia de la roca o de la falla.

Aproximadamente el 10% de la energía liberada durante el proceso de ruptura se propaga en forma de ondas sísmicas, siendo esta la manifestación más reconocida del fenómeno. El resto se libera en forma de calor, ruptura de rocas, deformación del material en la falla y desplazamiento o movimiento en la misma falla.

Estos eventos generan diversos efectos sobre la superficie terrestre que son considerados amenazas sísmicas. Para efectos de la planificación territorial, las dos principales amenazas que se pueden analizar son: (1) rupturas superficiales de la falla y/o (2) efecto de sitio, que responde a la amplificación de las ondas sísmicas que se propagan por el medio a causa de condiciones particulares del sitio analizado.

La forma en que las estructuras se diseñan para disminuir los daños en su interacción con las ondas sísmicas y otras materias de construcción están desarrolladas en las normas chilenas NCh433 y NCh2369, y no forman parte de los contenidos de esta guía.

La **ruptura superficial de falla** resulta de la activación de una falla geológica que afecta la superficie del terreno. Esta genera cambios directos y circunscritos a la traza de la falla en la superficie del terreno o a su cercanía inmediata. Este fenómeno puede provocar daños significativos en las estructuras afectadas.

Por su parte, los materiales terrestres que son propensos a sufrir el **efecto de sitio** corresponden a depósitos y roca altamente meteorizada o masas inestables, como depósitos de remociones en masa, coluvios, materiales aluviales en general y especialmente aquellos de granulometrías finas. Estos materiales logran amplificar el movimiento sísmico en la superficie, pudiendo generar graves daños en las construcciones e infraestructura que están sobre ellos.

1.4.2 Ruptura superficial de falla

La ruptura superficial de falla ocurre cuando la propagación durante un evento sísmico alcanza la superficie de la Tierra, y se produce una deformación en la superficie durante el mismo sismo. Esta deformación puede ser discreta o difusa y, por lo tanto, puede generar un escarpe de falla, una serie de fisuras, o un abombamiento o depresión en el terreno.

En general, la ruptura superficial de falla se asocia a aquellos movimientos sísmicos que ocurren en fallas corticales superficiales, para eso el sismo debe ser de una magnitud tal que la ruptura alcance a propagarse hasta la superficie. No todos los sismos en fallas corticales alcanzan a producir una ruptura en superficie y no todas las fallas en la corteza de la Tierra pueden producir sismos. Con respecto a las recurrencias, las rupturas superficiales pueden tener periodos de retorno de centenas, miles o decenas de miles de años y no necesariamente son intervalos regulares, por lo que se requiere un estudio profundo y acabado del comportamiento de la falla para poder estimar una recurrencia promedio.

De lo anterior surge el concepto de falla activa, que corresponde a una falla que puede generar movimientos sísmicos en el futuro en respuesta al campo de esfuerzo al que se encuentra sometida, que es resultante del régimen tectónico en que se ubica.

Se debe considerar como una falla activa a aquella que cumpla con alguna de las siguientes características:

- Ha generado sismos de data histórica
- Presenta microsismicidad
- Corresponde a un margen entre placas tectónicas actuales
- Presenta actividad holocena comprobada mediante dataciones
- Desplaza o deforma depósitos o materiales geológicos de edad relativa holocena, o de depósitos o materiales más antiguos si su desplazamiento acumulado permite estimar, directa o indirectamente, una tasa de deformación a largo plazo (incluyendo el Holoceno) mayor o igual a 0.1 mm/año
- Deforma o desplaza elementos morfológicos del terreno como abanicos aluviales, terrazas fluviales, campos dunarios de edad holocena, o a morfologías más antiguas

si su desplazamiento acumulado permite estimar directa o indirectamente una tasa de deformación a largo plazo (incluyendo el Holoceno) mayor o igual a 0.1 mm/año
- Presenta un escarpe de falla o deformación en superficie asociada a su trazado que cumpla con alguno de los dos puntos anteriores

Lo anterior se propone como criterios mínimos para poder considerar a una falla como una falla activa. Si bien, en algunos países existen legislaciones o normas que señalan una definición de falla activa en función de su última actividad, por ejemplo, en Italia se considera activa una falla cuya última actividad ha ocurrido en los últimos 40 mil años (Technical Commission for Seismic Microzonation, 2017b) y en California se considera activa una cuya última actividad ha ocurrido en el Holoceno (Act, Alquist-Priolo. E. F. Z. 1999). En otros países según la recurrencia de su actividad, por ejemplo, en Nueva Zelanda se distinguen aquellas fallas que registran movimientos en los últimos 120 mil años y su actividad se clasifica según rangos determinados de la recurrencia promedio de su ruptura (Kerr et al., 2003). En el caso chileno, que comprende diversos ambientes tectónicos (Convergencia oblicua desde la península de Taitao al norte, régimen transcurrente en Magallanes y Tierra del Fuego, por ejemplo) no es recomendable establecer una definición de actividad en falla solamente considerando su último registro de actividad debido a que existen diferentes tasas y estilos de deformación que no necesariamente se manifiestan mediante evidencias en un período geológico y terminaría siendo una definición arbitraria y se recomienda considerar los criterios previos a falta de una definición consensuada.

Para poder determinar la zona afecta a una ruptura superficial es necesario determinar la traza de la falla a una escala adecuada a la planificación urbana, particularmente a una escala 1:10.000 o de mayor detalle. Según numerosos trabajos, por ejemplo, SEREMI Minvu RM (2012), Technical Commission for Seismic Microzonation (2017b), Boncio et al. 2018, es importante reconocer la falla a partir de antecedentes y fotointerpretación de imágenes satelitales y/o fotografías aéreas, y con ello hacer una recopilación de estudios geofísicos y geotécnicos en el entorno de la falla, estudios de análisis paleosismológico y radiometría para establecer la edad de la actividad de la falla.

Teniendo los insumos mencionados y en base a la propuesta metodológica de Morgenstern y VanDissen (2021) se debe proceder a:

- Identificar todo lo relacionado al conocimiento de la traza de la falla y sus características.
- Cartografiar y definir la ubicación de la traza de la falla.
- Clasificar las partes de la falla en términos de la complejidad de la superficie de ruptura de la falla.
- Definir la zona de exclusión/prohibición alrededor de la falla.
- Determinar el intervalo de recurrencia promedio de la ruptura superficial de la falla.

Respecto a la zona de exclusión/prohibición a determinar alrededor de la falla, en el mundo existen experiencias donde varía el ancho de estas franjas, las cuales se configuran a partir de las últimas fallas secundarias observadas. En países como Estados Unidos y algunas zonas de Nueva Zelanda, el ancho de la franja varía entre 15 y 20 metros a cada lado de la traza. En zonas de este último país donde la franja establecida no ha sido suficiente frente a algunos eventos, se amplía su ancho entre 20 y 300 m a cada uno de los lados de la traza. Para el caso de Japón, la infraestructura crítica se prohíbe en una franja de 100 m a cada lado de la traza. Finalmente, en el caso de Chile, SEREMI Minvu RM (2012) han recomendado una franja de 300 m (diferenciada a cada lado de la traza) para la falla de San

Ramón. Cabe destacar que estudios han registrado, para sismos con ruptura en superficie, deformación en el terreno por sobre 1 km de distancia respecto a la falla (Boncio et al., 2018).

El estilo y distribución de la deformación cortical asociada a la ruptura superficial de la falla dependerá de varios factores, como el tipo de falla (normal, inversa o de rumbo), si es zona de relevo o corresponde a la misma falla, el tipo de suelo, la relación de la geometría de la falla con respecto a la disposición de la superficie del terreno.

Las rupturas superficiales de fallas, debido a que implican el desplazamiento del terreno a lo largo de la traza de la falla, son conducentes a daños extremos sobre las edificaciones que se encuentran emplazadas sobre ella. En aquellos sectores que no están sobre la franja de la traza, los efectos de una activación están dados por las aceleraciones sísmicas (efecto de sitio), y no por la ruptura superficial del terreno. A su vez, la magnitud del desplazamiento del terreno es altamente impredecible, y por lo tanto, no es posible establecer rangos de desplazamiento que se asocien a mayores o menores daños sobre las estructuras. Es decir, la intensidad de esta amenaza tiene 2 niveles posibles: o es de intensidad extrema (si se está sobre la franja de la traza de la falla) o es de intensidad despreciable (si no se está sobre ella).

La zonificación para una falla activa se realiza mediante la delimitación de una franja asociada a la traza de la falla, cuya extensión también debe ser acordada entre los OAE con competencias técnicas en la materia, pero que puede oscilar entre los 150 m y 1 km de distancia a la traza (dependiendo del grado de conocimiento que se tenga sobre la misma). Se considera que a mayor conocimiento de la falla es más factible establecer una faja de restricción más acotada.

1.4.3 Efecto de sitio

Para este subtipo de amenaza se requiere una recopilación inicial de antecedentes relacionados a la geología superficial para así identificar las unidades cuaternarias y depósitos más recientes, información geofísica como mediciones Vs30, frecuencia/período fundamental del suelo (f0 y T0) y mediciones gravimétricas, inventario de sismos pasados y sus efectos.

Con ello y de acuerdo con la metodología propuesta por Olivares et al. (2023) se recomienda,

- Obtener información litoestratigráfica de la zona de estudio que esté disponible.
- Inventariar los pozos existentes para poder caracterizar la estructura del suelo y sus propiedades.
- Usar la técnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*, por sus siglas en inglés) para caracterizar el espesor de la cobertura sedimentaria y su respuesta de sitio a partir de microtemblores.
- Reconstruir, dentro de lo posible, la ubicación del techo de la roca caja sísmica a través de la inversión de las curvas H/V, acorde a la información geológica y litológicas disponible y con un criterio de mínima variabilidad lateral de los parámetros físicos y geométricos.
- De ser posible incluir métodos geofísicos como refracción sísmica, tomografías de resistividad eléctrica y radares de penetración del suelo para obtener información adicional de las propiedades del subsuelo.
- Realizar pozos para obtener muestras de suelo y testearlas en un laboratorio para medidas de velocidad de ondas de corte.

- Usar toda la información disponible para crear un mapa de microzonificación sísmica.

Cabe señalar que la norma NCh 433 establece una relación entre la Vs30 y el tipo de suelo existente bajo la superficie.

Un caso particular de efecto de sitio corresponde al proceso de "licuefacción", en que los suelos arenosos de poca densidad saturados de agua pierden su resistencia y se comportan como un líquido durante un terremoto u otra carga dinámica intensa. Para la evaluación de este proceso se tienen diversas metodologías, cuyos rasgos generales se expresan en metodología propuesta por Beroya y Aydin (2010):

- Reconocer y agrupar geológica y geomorfológicamente zonas con una distribución uniforme del tamaño de grano e inserto en ambientes proclives a inundarse como llanuras de inundación, cauces de río, deltas y barreras de arena costera.
- Identificar en superficie evidencias de licuefacción como volcanes de arena, estructuras de desplazamiento lateral, sectores de subsidencia, etc.
- Asignar una susceptibilidad preliminar a cada una de las unidades establecidas previamente.
- Recopilar información sobre la densidad y espesor de los depósitos que componen el subsuelo por medio de perfiles de resistividades, pozos o el uso de microtemblores con la técnica HVSR.
- Generar un mapa de clasificación de sitio utilizando los registros de microtemblores y otros, el cual puede servir también como un mapa de amenaza por onda sísmica.
- Integrar el mapa de susceptibilidad de amenaza por licuefacción preliminar con el mapa de clasificación de sitio para obtener unidades que por su espesor, densidad y capacidad de amplificación de la onda sísmica estén propensas generar procesos de licuefacción.

Las intensidades asociadas a este fenómeno están en directa relación con las aceleraciones sísmicas locales: mayores aceleraciones son conducentes a mayores daños. En caso de contar con datos, se puede tomar en cuenta el factor de amplificación de las ondas sísmicas para definir distintos niveles de amenaza. En aquellos casos donde solo se cuente con información geológica, las características de los suelos pueden entregar una definición genérica de la respuesta de los suelos, donde los suelos más finos tienden a tener peores respuestas sísmicas que los suelos más gruesos, y estos, a su vez, peores respuestas que los macizos de roca fresca.

1.5 AMENAZAS ANTRÓPICAS

1.5.1 Amenazas por suelos contaminados

a) Suelos abandonados con presencia o identificación de sustancias contaminantes o peligrosas, por actividades humanas extinguidas

La presencia de contaminantes en el suelo puede generar importantes riesgos a los componentes del medio ambiente y la salud de las personas, debido a que los contaminantes del suelo pueden escurrir superficialmente y también permear a las capas inferiores del subsuelo, transportando sustancias químicas a las aguas subterráneas, produciendo efectos nocivos sobre el ecosistema y la salud de las personas (MMA, 2012).

Esta amenaza será abordada según lo dispuesto en el Decreto que modifica la Ley General de Urbanismos y Construcción, inciso 2, letra j)[17], la cual considera como área de riesgo a aquellas "áreas o terrenos deteriorados por actividades humanas extinguidas con suelos abandonados con presencia o identificación de sustancias contaminantes o peligrosas".

En Chile, existe un marco normativo e instrumentos de gestión asociado a la presencia de contaminantes en el suelo, según se puede sintetizar en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.17: Marco normativo e instrumentos de gestión asociados a suelos abandonados con presencia o identificación de sustancias contaminantes o peligrosas

Marco normativo	Instrumentos de gestión
Ley 20.417 que modifica la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente: establece en el art 70, letra g) que es deber del Ministerio de Medio Ambiente "proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos y suelos contaminados, así como la evaluación del riesgo de productos químicos, organismos genéticamente modificados y otras sustancias que puedan afectar el medio ambiente".	**Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes, (2009):** su objetivo es establecer las bases de un Sistema de Gestión de Sitios Contaminados en el país, que permita reducir los riesgos asociados a la salud de la población y medio ambiente a través de una gestión coordinada, sustentable y costo eficiente.
Decreto 40, del Ministerio del Medio Ambiente: establece en el art. 3 los tipos de proyectos susceptibles de causar impacto ambiental, letra O.11): reparación o recuperación de áreas que contengan contaminantes, que abarquen, en conjunto, una superficie igual o mayor a diez mil metros cuadrados (10.000 m²), salvo que se trate de medidas que formen parte de una propuesta de plan de reparación a que se refiere el art. 43 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, cuyo texto fue fijado por el art. 2 de la Ley 20.417, caso en el cual se aplicará lo dispuesto en dicha disposición y en su Reglamento.	**Guía de evaluación de impacto ambiental. Riesgo para la salud de la población en el SEIA, (2012):** se define el concepto de contaminante, peligro, riesgo y exposición según el art. 11 de la Ley 19.300.
Decreto 148, del Ministerio de Salud: establece las condiciones sanitarias y de seguridad a que deberá someterse la generación, tenencia, y disposición de residuos peligrosos.	
Resolución Exenta 1.690, que aprueba la Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de Suelos Abandonados con Presencia de Contaminantes: se define el procedimiento que debe desarrollarse cuando se investiga un suelo de estas características, para ser aplicado por el MMA en el territorio nacional.	
Resolución Exenta 406, que aprueba la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes: define los procedimientos para estandarizar la investigación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes en el país, para lo cual se describen las etapas y procedimiento requeridos.	

Fuente: Elaboración propia en base a CONAMA, (2007); MMA, (2012); SEA, (2012); MMA, (2016).

[17] Modifica Decreto Supremo N° 47, de Vivienda y Urbanismo, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en el sentido de adecuar sus normas a la Ley N° 20.582, en materia de Normas para la Reconstrucción (Inédito).

A partir de las definiciones emitidas por la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (2012), es posible señalar que el análisis del riesgo de los suelos abandonados con presencia o identificación de sustancias contaminantes[18] se circunscribe a un lugar o territorio específico de evaluación:

- Suelos con Presencia de Contaminantes (SPC): *Lugar delimitado geográficamente que mediante una evaluación de riesgo ambiental se ha determinado que existe nivel de riesgo relevante para las personas o al medio ambiente.*
- Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC): *Lugar o terreno delimitado geográficamente en el que se desarrollan o han desarrollado actividades potencialmente contaminantes. Incluye a suelos abandonados y activos o en operación.*
- Suelos Abandonados con Potencial Presencia de Contaminantes (SAPPC): *Lugar o terreno delimitado geográficamente que ha sido impactado ambientalmente por una actividad potencialmente contaminante que ha cesado sin la implementación de una adecuada fase de cierre.*
- Suelos Abandonados con Presencia de Contaminantes (SAPC): *Lugar o terreno delimitado geográficamente, donde, mediante una evaluación de riesgo ambiental se ha determinado que existe un nivel de riesgo relevante, comprometiendo el orden público, respecto del cual no es posible hacer efectiva la responsabilidad de quien lo causó.*

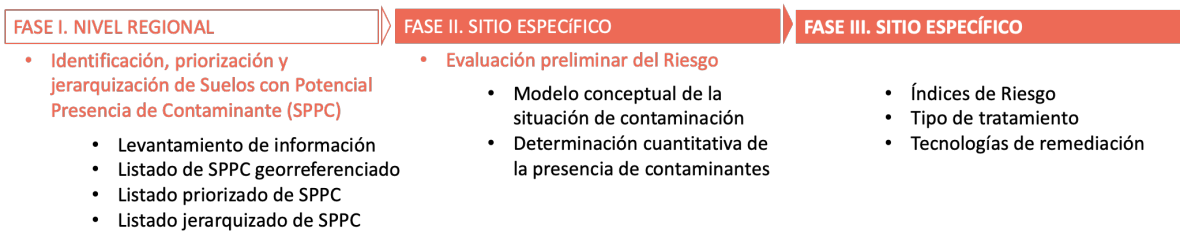
También cabe señalar el concepto de contaminante como "todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental", debido a que en el presente estudio se analizará solamente la potencial presencia de sustancias químicas, entendiéndose para dicho efecto "todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o una combinación de ellos presente en el suelo".

i) Metodología para determinar la amenaza

Para determinar la amenaza de suelos deteriorados por actividad humana, se considerará la metodología brindada por la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes", (2012), del Ministerio de Medio Ambiente, correspondiente a la Fase 1, "Identificación, Priorización y Jerarquización de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)", Fase 2, "Evaluación Preliminar Sitio-Específica del Riesgo de SPPC", y pero solo hasta la actividad de investigación preliminar, ya que la metodología a utilizar busca un análisis básico que permita delimitar Suelos con Presencia de Contaminantes (SPC) en función la presencia de fuente(s) de contaminación.

[18] (Ley 19. 300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, Título I, art. 2 letra d)

Ilustración 1-2: Fases metodológicas para la gestión de suelos contaminados.



Fuente: Elaborado de la Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes", (2012), del Ministerio de Medio Ambiente

A continuación, se indica la metodología propuesta por la Guía, sobre la base de la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes", (2012) o la que la reemplace, sintetizando las actividades y principales productos en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.18: Metodología para determinar amenaza antrópica por Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC)

Fase	Actividades	Principales productos
1. Regional: **Identificación, priorización y jerarquización**	1.1 Levantamiento de información	Actividades potencialmente contaminantes por región.
	1.2 Identificación y georreferenciación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes	Base de datos georreferenciada de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, y mapa de localización de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes.
	1.3 Inspección de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes	Elaboración de un Estudio Histórico y Geográfico.
2. Sitio específico: evaluación preliminar	2.1 Investigación Preliminar:	Mapa de zonificación de la amenaza antrópica por Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, a nivel regional y comunal.

Fuente: Elaboración Propia en base a Ministerio del Medio Ambiente, (2012).

La primera fase de la metodología considera cuatro actividades a) levantamiento de información, b) identificación y georreferenciación de SPPC, c) priorización de SPPC, y d) Inspección de SPPC.

El **levantamiento de información** tiene por objetivo determinar aquellos lugares donde se ha realizado alguna actividad productiva definida como potencialmente contaminante. Para ello, se realiza una recopilación bibliográfica de los sectores, rubros o actividades productivas donde se producen, utilizan, manipulan, almacenan o disponen sustancias o residuos peligrosos que pueden o pudieron derivar en la generación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC): actividades mineras, refinerías de petróleo, fundiciones, termoeléctricas y metalúrgicas, almacenamiento de plaguicidas, industrias manufactureras potencialmente contaminadoras, industrias artesanales potencialmente contaminadoras, rellenos y/o vertederos, botaderos clandestinos y confinamiento de

residuos industriales, zonas de derrames o accidentes químicos ambientales, almacenamiento transitorio de residuos peligrosos, aserraderos y cepilladura de madera, y otros.

Adicionalmente, la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes", (2012) brinda un listado con fuentes de información disponibles y entrega los nombres de las principales instituciones a ser consultadas (Ver Cuadro 1.19).

Cuadro 1.19:Listado de fuentes con información disponible

Institución	Documento	Descripción	Año
Instituto Nacional de Estadísticas	Directorio Industria Manufacturera	Base de datos de industrias manufactureras por región.	2009
Servicio de Evaluación Ambiental	Servicio de Evaluación Ambiental	Levantamiento de información de empresas que han presentado proyectos al sistema.	-
Seremi de Salud	Identificación de generadores de residuos peligrosos	Sin descripción	-
Servicio Agrícola y Ganadero	Almacenamiento de plaguicidas	Sin descripción	-
Servicio Nacional de Geología y Minería	Actualización Catastro de Faenas Mineras Abandonadas y Paralizadas 2010: Análisis Preliminar de Riesgos	Sin descripción.	2010
Ministerio de Medio Ambiente	Listado de Ecosistemas Hídricos Priorizados	Sin descripción.	-
Ministerio de Medio Ambiente	Reportes del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (2005-2008)	Base de datos nacional y regional que incluye información asociada a los siguientes componentes: - Aire: inventarios de fuentes fijas atmosféricas, y móviles del sector transporte. - Agua: registro del cumplimiento de las normas vigentes. - Residuos: registro de la naturaleza, volumen y destino de los residuos sólidos generados. Convenios internacionales: inventarios de sustancias agotadoras de ozono, cambio climático, sustancias químicas.	2005-2010
Superintendencia de Servicios Sanitarios	Boletín de Sanciones a Establecimientos Industriales	Boletín que informa los tipos de infracciones (calidad del servicio, incumplimiento de instrucciones y riles) en que incurren las empresas sanitarias y establecimientos industriales.	2010-2011
Ministerio del Medio Ambiente, (ex Conama)	Catastro de Industrias Químicas XII Región	Sin descripción.	-
Ministerio de Medio Ambiente, (ex Conama), Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Diagnóstico y propuesta de recuperación en antiguos sitios de disposición final de residuos	Sin descripción.	2006

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, (2016).

Con los datos obtenidos a partir del levantamiento de información, se identificarán aquellas áreas con Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes y se elaborará una base de datos con la siguiente información que se lista en siguiente cuadro:

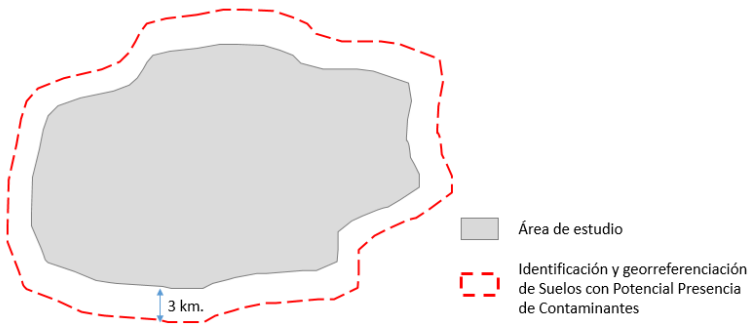
Cuadro 1.20: Información para elaboración de base de datos de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes

Ítem	Descripción
Código Región	Número identificador de la región.
Código Comuna	Número identificador de la comuna.
Glosa de la Comuna	Nombre de la comuna.
Coordenada X	Coordenada Este.
Coordenada Y	Coordenada Norte.
Coordenada UTM	Coordenada UTM según MOP (2011)
Razón Social y/o Nombre Asignado al SPPC	Para Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes activos generalmente corresponde al nombre de la empresa. En el caso de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes abandonados puede corresponder al nombre de la empresa que lo originó, titular, localidad, entre otros. Debe seleccionarse un nombre con el que se identificará al SPPC dentro del proceso.
Descripción de la Actividad. Glosa CIUU Rev.3 (SPPC activos)	Nombre de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) a la cual pertenece la actividad.
Clase CIUU Rev.3 (SPPC activos)	Número identificador de la actividad dada por la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).
Actividad(es) Potencialmente Contaminante(s)	Nombre de la(s) actividad(es) que se sospecha pueden provocar la contaminación.
Dirección y/o referencia	Dirección de la actividad productiva que incluya, de ser posible, al menos nombre de calle y numeración.
Teléfono	Número de teléfono de la Empresa o Persona Natural.
Observaciones	Campo destinado a complementar la información recopilada con otra información relevante.

Fuente: MMA, (2012).

La información obtenida de los Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes será georreferenciada y agregada a la base de datos predial (obtenida en la etapa de Diagnostico), siendo localizados aquellos Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes en un rango de hasta 3 km después del límite del área de estudio a planificar (Ver Ilustración 1-3: Identificación y georreferenciación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes):

Ilustración 1-3: Identificación y georreferenciación de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes



Fuente: DESE UC 2018

La Guía define un radio de 3 km a partir de la priorización señalada en la "Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes" (2012), donde se define que, en un radio de 2 a 3 km existe una prioridad media, dada la proximidad de las fuentes emisoras contaminantes a los centros poblados (exposición a la fuente contaminante).

Por otro lado, en el caso que las personas, independiente su número, den al suelo un uso residencial, en un radio igual o inferior a 2 km, se considera como prioridad alta. La Guía utilizará como valor de referencia la prioridad media, ya que su radio (3 km) contendría la prioridad alta (2 km)

Posteriormente, se realizará una "Inspección de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes" a través de la aplicación de una "Ficha de Inspección", la cual permite orientar el levantamiento de información hacia la determinación de la presencia de fuente(s) de contaminación, de vía(s) de exposición y de población humana eventualmente expuesta a contaminantes, permitiendo corroborar la existencia de los tres elementos básicos para el análisis del riesgo asociado a esta amenaza (fuente-ruta-receptor) (MMA, 2012).

La ficha está compuesta por ocho ítems, y en términos generales su llenado contempla tres etapas: a) recopilación bibliográfica, b) levantamiento de información en terreno y c) revisión de toda la información disponible y llenado de todos los campos para calcular el nivel preliminar de riesgos.

Cabe destacar la relevancia de llenar aquellos ítems secundarios asociados a puntajes, ya que a partir de ellos se determinará la categorización preliminar de la amenaza de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes.

A continuación, en el Cuadro 1.21, se presenta de manera sintética el contenido de la Ficha de Inspección:

Cuadro 1.21: Ficha de inspección

Ítem principal	**Ítem secundario**	**Antecedentes solicitados**
Información General	A. Identificación del SPPC	Nombre del SPPC, otro (s) nombre(s) asignado(s) al SPPC, nombre(s) de la empresa(s) (pasada o actual), dirección de referencia, comuna, región.
	B. Información de la inspección	Fecha, datos del evaluador: nombre, institución, cargo, correo electrónico y fono.
	C. Información de los entrevistados	Datos del entrevistado: nombre, relación con el SPPC, institución, cargo, función, correo electrónico, y fono.
	D. Características generales del SPPC	Tipo de propiedad, nombre de lo(s) propietario(s), área aproximada, estatus del SPPC, tamaño de la empresa, descripción general de la(s) actividad(es) productiva(s) que se han desarrollado en el SPPC, identificación de instalaciones existentes, y existencia de denuncias, inspecciones, accidentes y/o derrames.
Información de la Actividad Industrial	A. Proceso productivo potencialmente contaminante	Tipo de actividad(es) que se ha(n) desarrollado en el SPPC, identificación del(los) proceso(s) industrial(es) potencialmente contaminante(s), e identificar y describir el o los procesos productivos que poseen una mayor probabilidad de ser considerados una Fuente Sospechosa Contaminación.

Ítem principal	Ítem secundario	Antecedentes solicitados
Información Específica de la(s) Potenciale(s) Fuente(s) de Contaminación	A. Respecto de las(s) potenciale(s) fuentes(s) de contaminación	Nombre de las(s) potenciale(s) fuentes(s) de contaminación, coordenadas del punto central de las potenciale(s) fuentes(s) de contaminación.
	B. Respecto de los materiales utilizados o generados en la(s) fuentes(s) de contaminación	Materias primas e Insumos, los productos/subproductos, y los residuos (estableciendo si existen se considera un residuo peligroso, sustancia peligrosa o plaguicida de uso agrícola). Cumplimiento de normativas, y cumplimiento de instrumentos de gestión y normativos.
	C. Sospecha de fuentes (s) contaminante(s)	Sospecha de fuentes contaminantes y grupos de contaminantes que podrían estar presentes en el SPPC. • Si no existe sospecha: **0 puntos.** • Si existe sospecha de fuente(s) contaminante (s): **0,5 puntos.** • Cada grupo de contaminantes señalados en la Ficha (5) tienen asociado **0,1 puntos**, los cuales deben ser adicionados en forma consecutiva de acuerdo al(los) grupo(s) de contaminantes que se encuentre(n) en el SPPC.
Información Específica de la(s) Ruta(s) de Exposición	A. Ruta de exposición de suelos	Uso(s) anterior(es) del terreno (cuales), suelo potencialmente impactado (ha), suelo con recubrimiento impermeable (%), suelo erosionado (%).
	B. Ruta de exposición agua subterránea	Presencia de agua subterránea en el SPPC, profundidad de agua subterránea y cómo fue establecida. Pozos de extracción de agua subterránea, su distancia al sitio en estudio y el uso que se le da al agua.
	C. Ruta de exposición agua superficial	Presencia de agua superficial, distancia al curso de agua superficial más cercano (en metros), tipo de cuerpo de agua, y uso del agua.
	D. Ruta de exposición aire	Sospechas de emisiones al aire provenientes de la(s) fuente(s) contaminante(s) y si estas corresponden a material partículado (MP) y/o Gases.
	E. Otras potenciales rutas de exposición	En un radio de 3 km. Identificar si existen actividades agrícolas, pesqueras, pecuarias u otras.
	F. Resumen de las rutas de exposición identificadas	Identificación de medios potencialmente impactados. El puntaje máximo de esta sección es **1 punto** y está distribuido según el nivel de exposición preliminar que se estima a partir de cada uno de los medios potencialmente impactados (A-E): 1) Agua de consumo humano (superficial y/o subterránea): **0.2 puntos.** 2) Aire: **0.2 puntos**. 3) Suelo: **0.15 puntos.** 4) Agua otros usos (recreacional, riego, industrial): **0.15 puntos.** 5) Frutas y Hortalizas: **0.1 puntos**. 6) Peces:**0.1 puntos.** 7) Lácteos y Carnes: **0.05 puntos.** 8) Sedimentos: **0.05 puntos.**

Ítem principal	Ítem secundario	Antecedentes solicitados
Información Específica de los Potenciales Receptores Expuestos	A. Receptores: actividades desarrolladas en las cercanías	Accesibilidad al SPPC, población humana potencialmente expuesta en un radio de 3 km. En el caso de existir residentes, señalar el nombre del poblado, distancia a la fuente potencial de contaminación (m.) y número de habitantes. En el caso que existan trabajadores, indicar la actividad que desarrollan, la distancia al sitio, número aproximado de trabajadores, jornada laboral y el equipo de protección personal utilizado. Describir información sintomatológica (si existiese) o enfermedades laborales asociadas a la potencial fuente de contaminación. Finalmente, indicar la presencia de al menos una especie vegetal o animal en alguna categoría de conservación, de áreas protegidas por parte del Estado y/o de ecosistemas de alta relevancia.
	B. Resumen de las rutas de exposición identificadas	El puntaje máximo de éste ítem es de **1 punto** y está dado por la distancia de los receptores humanos más cercanos y la cantidad total de población humana potencialmente afectada: Distancia de personas expuestas: 0-2 km.: **0.6 puntos.** 2-3 km.: **0.4 puntos.** Cantidad de personas expuestas: > 100.000: **0.4 puntos.** 100.000 – 10.000: **0.3 puntos**. 10.000 – 1.000: **0.2 puntos** < 1.000: **0.1 puntos.**
Esquemas	A. Croquis esquemático	Bosquejo en el que se indique la fuente de contaminación, las vías de exposición y los receptores o bienes a proteger.
	B. Modelo conceptual preliminar	Identificación de la fuente de contaminación>componente(s) ambientale(s) con potencial presencia de contaminantes>vías de exposición>Receptores.
Puntajes	A. Cálculo de puntaje	**Puntaje total = (fuentes + ruta de exposición+ receptores) *100/3**

Fuente: Elaboración Propia en base a MMA, (2012)

Como se señaló anteriormente, a partir de la sospecha de fuentes contaminantes, de la ruta de exposición y de la cantidad de receptores humanos más cercanos a la fuente de contaminación se obtendrá un valor final, el cual permitirá asignar una magnitud a los Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, estableciendo una priorización en base al porcentaje obtenido (Cuadro 1.22), relacionándose a su vez con el riesgo preliminar de la salud humana (MMA, 2012). Los puntajes obtenidos son categorizados según su nivel de

importancia o urgencia de investigación, por lo que valores más cercanos al 0% tendrán una baja jerarquía de investigación y valores más cercanos al 100 % tendrá una mayor jerarquía para una posterior investigación.

Cuadro 1.22: Categorización del riesgo preliminar

Puntaje (%)	Descripción
0 – 30	Baja jerarquía
30 – 60	Mediana Jerarquía
60 - 100	Alta Jerarquía

Fuente: Elaboración en base a MMA, (2012)

Posteriormente, en la Fase II, se realizará una investigación preliminar, en función de aquellos suelos que necesitan comprobar de manera prioritaria la presencia de contaminación de suelos (alta jerarquía).

Se realizará una recopilación bibliográfica de nuevos antecedentes y el levantamiento de información adicional, con el objetivo de concluir de manera más precisa la presencia de fuentes contaminantes asociadas a Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, según se visualiza en el siguiente cuadro:

Cuadro 1.23: Contenidos de la Investigación Preliminar.

Estudios requeridos	Objetivos	Principales aspectos a considerar
Estudio Histórico	Confirmar los indicios previos que hacen sospechar la presencia de contaminantes. Acotar las zonas a investigar para dirigir de forma más eficientes los recursos disponibles. Definir, en la medida de lo posible, la naturaleza de la fuente de contaminación.	- **Usos del suelo:** Actividades productivas, evolución y situación del sector que permita la detección de cambios en el uso del suelo; permisos/licencias de ejecución de actividades económicas; uso de acuerdo a instrumentos de planificación territorial; propietarios anteriores y actuales; características y uso del suelo aledaño; entre otros. **Plano del suelo con potencial presencia de contaminantes:** Localización de edificios e instalaciones actuales y pasadas a nivel superficial y subterráneo; localización de redes de abastecimiento; superficie de la zona ocupada; material y estructura de construcción de edificios e instalaciones, entre otras. - **Historial cronológico del terreno**: Períodos en los que se desarrollaron las actividades productivas y el respectivo uso/ vertido/disposición de materias primas y residuos. - **Descripción de los procesos productivos más relevantes:** Diagramas de flujo, productos y residuos. - **Materias primas y residuos:** Tipos, estado físico, composición química, toxicidad, cantidades, procedencia, forma de almacenamiento o disposición, entre otras. Localización en el plano, a

Estudios requeridos	Objetivos	Principales aspectos a considerar
		nivel superficial y subterráneo, e indicación de las medidas de protección ambiental aplicadas. - **Sistemas de protección:** Zonas pavimentadas, drenajes, zanjas, entre otras. - **Puntos de vertido:** Al alcantarillado, a cauce superficial o infiltración a napa subterránea. - **Antecedentes de incidentes ambientales:** Derrames, vertidos, accidentes, denuncias, inspecciones anteriores, entre otros.
Estudio Geográfico	Considera la información relativa a la localización del Suelo con Potencial Presencia de Contaminantes en estudio, por medio de mapas a una escala adecuada, indicándose la localización exacta de la instalación o de la zona de estudio y todos aquellos aspectos que puedan ser relevantes.	El uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales es una herramienta que ayuda a visualizar el entorno y los límites del suelo en estudio. Además de la consulta a fuentes cartográficas existentes, es deseable la creación de mapas propios que faciliten la localización del emplazamiento y su ubicación en el contexto geográfico regional y local.

Fuente: Elaboración Propia en base a MMA, (2012)

Finalmente, la información recopilada en torno a los Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) será agregada a la base de datos predial (obtenida en la etapa de Diagnostico) y se zonificarán como amenaza aquellos Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes (SPPC) priorizados y caracterizados en esta etapa.

La escala de representación cartográfica sugerida para la zonificación de la amenaza por inestabilidad de suelo producto de la actividad humana por extracción de áridos será de 1:5.000 para el Plan Regulador Comunal y de 1:25.000 para el Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano.

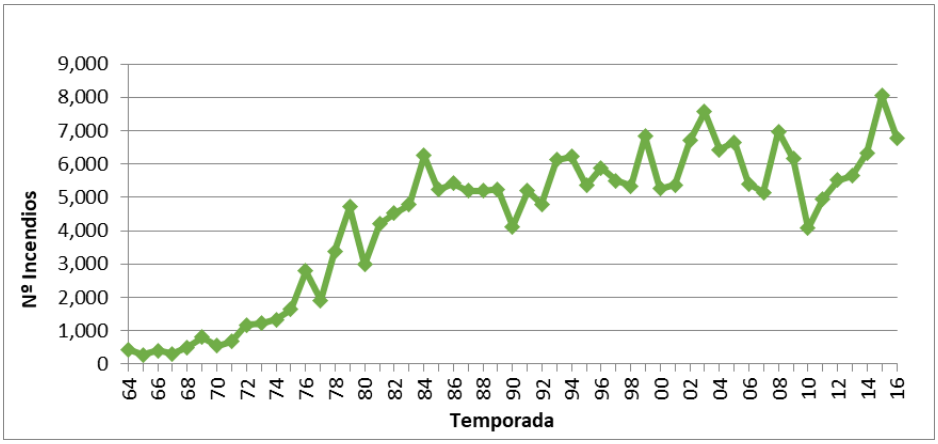
1.5.2 Amenaza de incendio forestal

a) Descripción

Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen, se propaga de manera descontrolada a través de vegetación rural o urbana (árboles, matorrales y pastizales, verdes y/o secos), poniendo en peligro la vida y seguridad de las personas, los bienes y/o el medio ambiente (CONAF, s-fa). En este mismo sentido, la Ley 20.283 del Ministerio de Agricultura señala que un incendio forestal es toda destrucción de la vegetación, por intermedio de fuego y cuando éste se propaga libremente y sin control en terrenos denominados forestales.

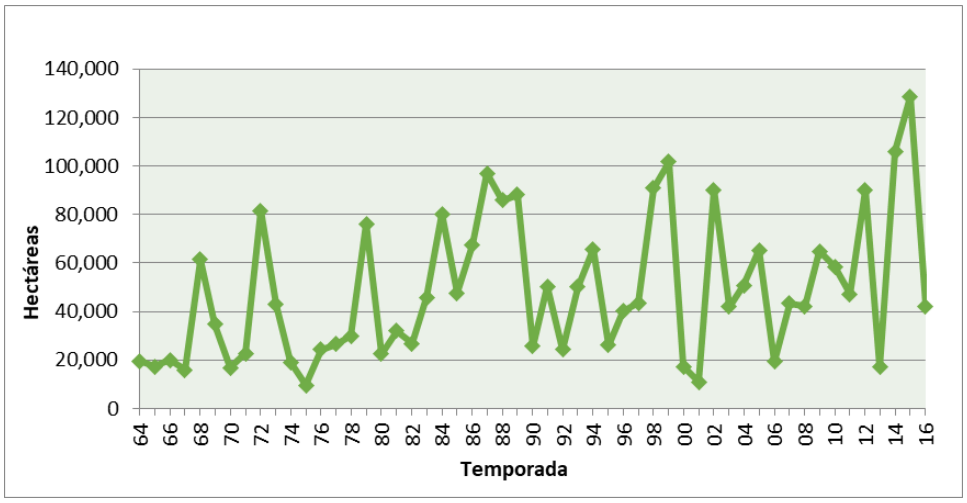
En Chile, la ocurrencia de incendios ha ido aumentando progresivamente según datos de CONAF (Ilustración 1 4) . A comienzos de los años 90 existía un promedio de 5 mil incendios anuales, ya a comienzos del 2.000 la cifra llega a los 6 mil anuales Este aumento progresivo de la ocurrencia también se ve reflejado en la superficie afectada donde de 43 mil hectáreas afectadas de promedio anual en la primera mitad de los 90 se llega a 92 mil hectáreas de promedio las últimas 3 temporadas.

Ilustración 1-4: Ocurrencia de Incendios en Chile. 1964-2016



Fuente. CONAF

Ilustración 1-5: Daño Nacional Histórico (ha)1964-2016

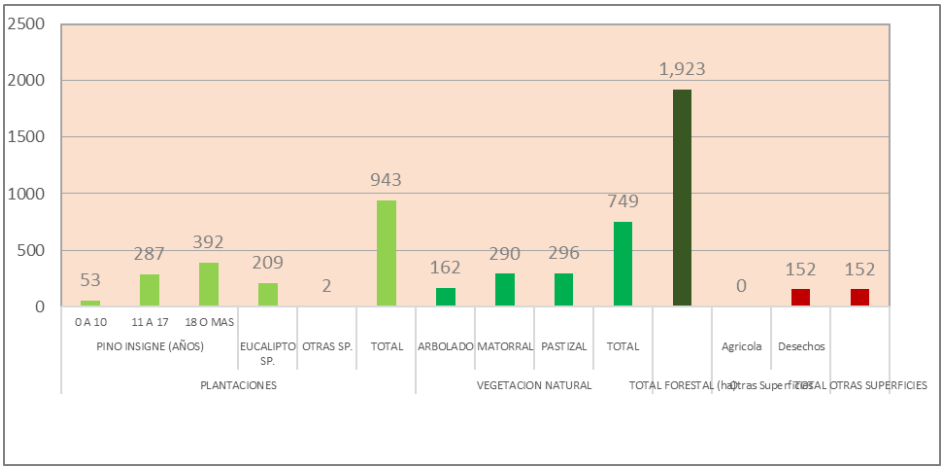


Fuente. CONAF

Un aspecto que se debe considerar, además de la ocurrencia de incendios, es la superficie afectada por estos eventos y las características de esta. Entre 2002 y 2016 han sido afectadas aproximadamente 2000 hectáreas, promediando por temporada 148 hectáreas.

En cuanto al tipo de superficie afectada (en el mismo periodo de tiempo entre 2002 y 2016) se puede clasificar en Plantaciones (Pino Insigne, Eucaliptos y otras), Vegetación natural (Arbolado, Matorral y pastizal) y otras superficies (Agrícola y desechos), según se puede visualizar en la Ilustración 1 6.

Ilustración 1-6: Tipo de superficie afectada.



Fuente. CONAF

Según CONAF, los principales factores desencadenantes de los incendios obedecen a causas accidentales (55.5%), intencionales (32%), desconocidas (12.2%) y naturales (0.3%).

b) Metodología para determinar niveles de amenazas

Conforme los antecedentes de CONAF, las dimensiones, factores y variables para determinar la amenaza de incendios se indica en la siguiente ilustración:

Ilustración 1-7: Dimensiones, factores y variables para determinar la amenaza de incendio forestal.



Fuente: CONAF.

Según los resultados del cálculo de la amenaza por incendios forestales realizado por CONAF, aplicando método multicriterio de los factores y variables indicados, se obtiene que

del total de superficie nacional equivalente a 56.145.937 Há, el 35% presenta una amenaza media, un 10% una amenaza alta y solo el 1% esta categorizada con una amenaza muy alta (Cuadro 1.24). Las regiones con superficie mayormente amenazada por presencia de plantaciones forestales expuestas a incendios por acción humana, son Biobío, Valparaíso, Metropolitana de Santiago, Ñuble, Araucanía y Los Ríos. La distribución de superficie por nivel de amenaza se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.24: Porcentaje de superficie afectada por incendios forestales por región.

		Amenaza					
Región	Superficie Total (ha)	Sin Riesgo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Atacama	7.551.937	80%	2%	2%	13%	3%	0%
Coquimbo	4.057.410	29%	2%	6%	45%	18%	0%
Valparaiso	1.595.700	18%	4%	8%	40%	27%	2%
Metropolitar	1.539.785	31%	4%	8%	28%	27%	2%
O'Higgins	1.634.041	20%	8%	14%	33%	23%	1%
Maule	3.030.613	17%	6%	22%	42%	12%	1%
Ñuble	1.309.798	5%	6%	26%	45%	16%	2%
Biobio	2.400.234	5%	5%	21%	47%	19%	3%
Araucania	3.182.471	5%	8%	25%	46%	15%	2%
Los Rios	1.822.260	8%	6%	23%	43%	18%	2%
Los Lagos	4.824.775	7%	4%	16%	30%	5%	1%
Aysen	10.550.636	27%	9%	29%	47%	2%	0%
Magallanes	12.746.277	32%	9%	22%	53%	6%	0%
Nacional	56.245.937	30%	7%	19%	35%	10%	1%

Fuente: CONAF.

c)Metodología nivel comunal e intercomunal

La metodología para evaluar la amenaza de incendios que se propone a continuación, se realizará por medio de evaluación multicriterio y análisis espacial.

Las variables utilizadas se asocian a la ocurrencia de incendios en el área de estudio, índice de vegetación, cobertura de suelo, pendientes, cercanía a centros poblados y cercanía a caminos.

Para el caso de la variable ocurrencia de incendios, se deben localizar los incendios del área a estudiar a partir de un catastro de CONAF. Posteriormente, se debe realizar, a través de un SIG, una extrapolación de los datos usando las superficies afectadas como parámetro de expansión. El método que se propone es Kernel, dando como resultado un raster de ocurrencia de incendios.

Con respecto al índice de vegetación, se debe calcular de la siguiente manera

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Rojo} - \text{IFC})}{(\text{Rojo} + \text{IFC})}$$

Donde:

Rojo es la banda roja visible y IFC es la banda infrarroja cercana.

Para que el fuego pueda formarse y avanzar hasta ser un incendio necesita de cierta cantidad de combustible, por esta razón, un índice NDVI menor a 0,1 tiene muy pocas probabilidades de generar incendio, mientras que un NDVI entre 0,1 y 0,6 representa una mayor probabilidad.

Ya sobre los 0,6 si bien es probable la ocurrencia de incendios, esta disminuye significativamente por la cantidad de humedad presente en la cobertura y la menor temperatura que existe (Altamirano, Salas, Yaitul, Smith-Ramirez, & Ávila, 2013) (y Lopez, 2012).

En cuanto a la variable cobertura del suelo, se obtendrá a partir del catastro de usos de suelo y vegetación de CONAF.

La variable pendiente se obtendrá por medio de un modelo de elevación (DEM) y se reclasificará en función de las condiciones geográficas de cada área a estudiar.

Finalmente, la variable distancia a centros poblados y distancia a carreteras, se generaron buffers de distancia. Para los centros poblados se tomó la distancia euclidiana que fue de 3 km desde el límite para zonas urbanas y un kilómetro para los poblados de menor tamaño (y Lopez, 2012). Para los caminos se crearon dos Buffer, uno a 250 metros y el otro a un kilómetro.

3 BIBLIOGRAFÍA

A. A., S. C., Y. V., S.-R. C., & Á. A. (2013). Influencia De La Heterogeneidad Del Paisaje En La Ocurrencia De Incendios Forestales En Chile Central. Revista de Geografía Norte Grande, 157-170.

Arenas, M., & Opazo, E. (2017). Guía metodológica para la elaboración de Mapas de Susceptibilidad a las remociones en masa a escala regional. Unidad de Peligros Geológicos y Ordenamiento Territorial. Puerto Varas. 65pp., Servicio Nacional de Geología y Minería.

Act, A. P. E. F. Z. (1999).Earthquake Fault-rupture hazard zones in California.

Boncio, P., Liberi, F., Caldarella, M., & Nurminen, F. C. (2018). Width of surface rupture zone for thrust earthquakes: implications for earthquake fault zoning. Natural Hazards and Earth System Sciences, 18(1), 241-256.

Bonadonna, C., Connor, C., Houghton, B., Connor, L., Byrne, M., Laing, A., & Hincks, T. (2005). Probabilistic modeling of tephra dispersal: Hazard assessment of a multiphase rhyolitic eruption at Tarawera, New Zealand. Journal of Geophysical Research, 1-21. doi:doi: 10.1029/2003JB002896.

Brantt, C., Pantoja, G., & Muñoz, A. (2021). Peligro de remociones en massa en el sector sur de la región de Coquimbo Sur. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago.: IR-21-88: 107p. 1 mapa escala :250.000.

Díez-Herrero, A., Laín-Huerta, L., & Llorente-Isidro, M. (2008). Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Esaki, T., Thapa, P., Mitani, Y., & Ikemi, H. (2005). Landslide and debris flow characteristics and hazard mapping in mountain hillslope terrain using GIS, Central Nepal. Vancouver: En: Eberhardt, E., Hungr, O., Fell, R., Couture, E. (eds), Proceedings, International Conference on Landslide Risk Managment, p. 657-669.

Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2013). The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides, 11(2), 167-194.

INN. (2016). NCh 3394 Suelo salino - Requisitos geotécnicos y de instalaciones sanitarias para diseño y ejecución de obras. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

Jorquera, C. (2018). Análisis de peligro volcánico por flujos de lava y corrientes de densidad piroclástica en los estratovolcanes activos Callaqui, Llaima, Lonquimay, Tolhuaca, Villarrica y Mocho-Choshuenco, Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ciencias de la Tierra.

JTC-1. (2008). Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for land use planning. Engineering Geology, 102(3-4), 85-98.

Kelfoun, K., & Druitt, T. (2005). Numerical modeling of the emplacement of Socompa rock avalanche, Chile. Journal of Geophysical Research, 110. doi:doi: 10.1029/2005JB003758.

Kerr, J., Nathan, S., Van Dissen, R., Webb, P., Brunsdon, D., & King, A. (2003). Planning for development of land on or close to active faults. Wellington: Ministry for the Environment.

Malin, M., & Sheridan, M. (1982). Computer-assisted Mapping of Pyroclastic Surges. Science, 217, 637-639.

Maranzoni, A., D'Oria, M., & Rizzo, C. (2022). Quantitative flood hazard assessment methods: A review. Flood Risk Management, 31. doi:10.1111/jfr3.12855

MIAVITA. (2012). Handbook for Volcanic Risk Management. Prevention, Crisis management, Resilience. (C. Bignami, V. Bosi, L. Costantini, C. Cristiani, F. Lavigne, & P. Thierry, Edits.) Orleans, Francia: MIAVITA Project.

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). Volumen 1: Amenazas en "Determinación del riesgo de los. (P. Winckler, M. Contreras-López, S. Vicuña, C. Larraguibel, J. Mora, C. Esparza, . . . A. Pica, Edits.) Santiago, Chile.

Mossoux, S., Saey, M., Bartolini, S., Poppe, S., Canters, F., & Kervyn, M. (2016). Q-LAVHA: A flexible GIS plugin to simulate lava flows. Computers and Geosciences, 97, 98-109. doi:doi: 10.1016/j.cageo.2016.09.003.

Mudashiru, R., Sabtu, N., & Abustan, I. (2021). Quantitative and semi-quantitative methods in flood hazard/susceptibility mapping: a review. Arabian Journal of Geosciences, 24. Obtenido de https://doi.org/10.1007/s12517-021-07263-4

Muñoz, A., Pérez, L., Gálvez, V., Sánchez, B., & Opazo, E. (2021). Remociones en masa y crecidas fluviales en la cuenca del río Las Minas de Punta Arenas, región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Informe Registrado IR-21-91. 151p., Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.

Ogburn, S., Charlton, D., Norgaard, D., Wright, H., Calder, E., Lindsay, J., . . . Tajima, Y. (2023). The Volcanic Hazard Maps Database: an initiative of the IAVCEI Commission on Volcanic Hazards and Risk. Journal of Applied Volcanology , 12(1), 2.

PMA. (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional, no. 4, 432p., 1cd-room.

Proyecto Multinacional Andino: geociencias para las comunidades andinas. (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional, no. 4, 432p., 1cd-room.

Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. Revista de Geografía Norte Grande, 57, 177-192.

Safeland. (2011). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning. Dliverable D2.4. The Seventh Framework Programme for Research and Technological Development (FP7). Comisión Europea.

Schilling, S. (1998). LAHARZ; GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones. U.S. Geological Survey, Open-File Report, 96-638. doi:doi: 10.3133/ofr98638.

Secretaría Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo (SEREMI Minvu RM), 2012. Estudio Riesgo y Modificación PRMS Falla San Ramón (ID N°640-27LP10; 2011-2021), Informe Etapa 3, Santiago, 77 p.

Servicio Geológico Colombiano (SGC) 2017. Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa, escala 1:25.000. Dirección de Geoamenaza, Grupo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa.

SERNAGEOMIN (2017). Arenas, M., & Opazo, E. Guía metodológica para la elaboración de Mapas de Susceptibilidad a las remociones en masa a escala regional. Unidad de Peligros Geológicos y Ordenamiento Territorial. Puerto Varas. 65pp., Servicio Nacional de Geología y Minería.

Brantt, C., Pantoja, G., & Muñoz, A. (2021). Peligro de remociones en masa en el sector sur de la región de Coquimbo Sur. Servicio Nacional

SHOA. (1992). Glosario de Marea y Corrientes (3ra Edición (solo en formato PDF) ed.). Valparaíso, Chile.

SHOA. (2015). Especificaciones técnicas para la elaboración de Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). Intrucciones oceanográficas N°4, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.

SIGMA (2021) González, G., Jensen, E., Aron, F., Roldán, F., Sáez, E., Díaz., F., Candia, G., Gironás, J., Escauriaza, C., Saldías, J., Aranguiz, R., Gilabert, H., De la Barra F., Zúñiga, A. Guía Metodológica para la Caracterización de la Multiamenaza de la Cuenca del Río Maipo. Proyecto FONDEF 19i10021.

Tomás, R., Herrera, G., Delgado, J., & Peña, F. (2009). Subsidencia del terreno. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 17(3), p. 295-302. doi:I.S.S.N.: 1132-9157

Technical Commission for Seismic Microzonation (2017b) Land Use Guidelines for Areas Affected by Active and capable faults (ACF), version 1.0. Department of Civil Protection of the Presidency of the Council of Ministers. Rome. https://www.centromicrozonazionesismica.it/it/download/category/20-seismic-microzonation-land-use-guidelines-for-areas-with-active-and-capable-faults-acf

Varnes, D. (1984). Hazard Zonation: A Review of Principal and Practice. Commission of Landslide of IAEG, UNESCO. Natural Hazards, 3, 1-61.

Vera, F., Flores, F., Toloza, V., Jara, G., Perales, C., Bono, L., . . . Jorquera, C. (2023). Avances y desafíos en la evaluación de peligros volcánicos en la Red Nacional de Vigilancia Volcánica de Chile. Libro de Resúmenes IX Foro Internacional de Peligros Volcánicos – IX FIPVO (págs. 206-211). Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

WSL. (2013). Rapid mass movements simulation (RAMMS): User Manual v1.5 Debris Flow. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Swiss Federal Institutes of Technology.

Lopez, F. d. (2012). Diseño de un Modelo de Riesgo Integral de Incendios Foerestales Mediante Técnicas Multicriterio y su Automatización en Sistemas de Información Geográfica. Una Aplicación en la Comunidad de Valencia. Benicassin.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Gobierno de Chile

www.minvu.cl

Octubre de 2023

