



**“Infraestructura pública resiliente al riesgo de
desastres para un desarrollo sostenible de ciudades:
Incorporación de la evaluación del riesgo de desastres
en el ciclo de iniciativas de inversión pública de Chile”**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER DE POLÍTICAS PÚBLICAS**

Alumno: Orietta Valdés Rojas

Profesor Guía: María Teresa Ruiz Tagle

Santiago, marzo 2019

CONTENIDOS

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
1 OBJETIVOS, MÉTODO Y ALCANCES	7
1.1 OBJETIVOS	7
1.2 MÉTODO Y ALCANCES	8
2 ANTECEDENTES GENERALES.....	9
2.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES.....	9
2.2 SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES	11
2.4 CICLO DE VIDA DEL PROYECTO	12
2.5 MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO.....	13
2.6 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	17
3 PROCESO DE DESARROLLO METODOLÓGICO DE CHILE.....	19
3.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	19
3.3 PROCESO DE DESARROLLO METODOLÓGICO.....	23
4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA - METODOLOGÍA RD-.....	44
4.1 OBJETIVO.....	44
4.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA.....	44
4.3 METODOLOGÍA.....	45
5 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA POR CHILE .	84
6 CONCLUSIONES	89
7 BIBLIOGRAFÍA	93
8 ANEXOS.....	96
8.1 ANEXO N°1. GLOSARIO	96
8.2 ANEXO N°2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES.....	100
8.3 ANEXO N°3. PARTICIPANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA.....	103
8.4 ANEXO N°4 FACTORES, SUBFACTORES, ESCALAS Y PONDERACIONES	105
8.5 ANEXO N°5. CUESTIONARIO	113
CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A AMENAZAS POTENCIALES	113
8.6 ANEXO N°6. BASE CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA PARA EL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES	114

RESUMEN

En diciembre 2015 se encomienda al Ministerio de Desarrollo Social, a través de la Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres incorporar la variable de riesgo de desastres en la evaluación social de proyectos de inversión pública para contribuir a la formulación de proyectos de infraestructura resilientes a catástrofes. Se convocó a una mesa de trabajo interinstitucional que involucró al sector público y privado, para identificar los determinantes del riesgo de desastres para las amenazas de incendios forestales, remoción en masa, erupciones volcánicas e inundación por tsunamis, y los determinantes de vulnerabilidad y resiliencia, base para posteriormente desarrollar un modelo multicriterio para estimar el **Índice de Riesgo de Desastres (IRD)** a través de escalas, ponderadores y umbrales, dando la oportunidad de comparar información y determinar un nivel de riesgo asociado a un proyecto. La incorporación del riesgo de desastres en el proceso de inversión pública (evaluación social de proyectos) permite orientar esfuerzos para obtener ciudades resilientes y contribuir, de esta manera, al cumplimiento de los objetivos 2030 de desarrollo sostenible en Chile.

Este documento tiene por propósito documentar el proceso de desarrollo de la **metodología complementaria de evaluación de riesgo de desastres de infraestructura pública**, donde se incorporó el análisis complementario de la variable de riesgo de desastres, a través del IRD, como un criterio complementario a la evaluación social de proyectos de inversión que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) de Chile. Esta experiencia, constituye un aprendizaje que puede ser replicado en otros países que cuenten con información limitada para efectuar modelos de simulación sofisticados y que tengan la necesidad de integrar el riesgo de desastres en el proceso de inversión pública.

Palabras claves: Evaluación social de proyectos; riesgo de desastres; multicriterio; factores del riesgo de desastres; Sistema Nacional de Inversiones.

INTRODUCCIÓN

La literatura internacional incluye un gran número de estudios que investigan los determinantes del riesgo de desastres y su impacto en el bienestar social de comunidades y localidades a nivel territorial. La pobreza, tanto en países de ingresos bajos como altos, es especialmente vulnerable ante el impacto de desastres, siendo no solo un tema interesante para científicos sociales, debido al impacto económico en toda la sociedad, en el sector público, en los costos de reconstrucción o en el impacto ambiental, sino que también por su importancia en el proceso de desarrollo y crecimiento económico (Karim A. & Noy I., 2014).

Para Chile, abordar el riesgo de desastres es un tema clave, principalmente por el impacto en términos de postergación en la agenda pública y su efecto sobre la población más vulnerable del país. Según cifras reportadas el año 2017 por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública, el gasto destinado por el fisco para abordar emergencias y reconstrucción entre el año 2010 y 2016 fue en promedio de mil millones de dólares por año. Lo anterior no indica el costo social adicional causado por los desastres, en términos de tiempo de recuperación económica y social, asumido por la población afectada.

El desarrollo urbano y crecimiento de las ciudades conlleva a una serie de externalidades de tipo ambiental y climático. Por ejemplo, la emisión de gases de efecto invernadero y la intensificación en la exposición a amenazas naturales (por ejemplo: aluviones, incremento de caudal de cauces, erupciones volcánicas, entre otros) que hoy son percibidas con mayor evidencia, dado que el crecimiento de la ciudad no siempre ha respetado los límites naturales del territorio. Lo anterior, afecta directamente a la población que hoy en día se encuentra asentada en estos territorios amenazados, es decir, con presencia de externalidades negativas causadas por la sinergia de la exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia territorial y social.

Al analizar el rol del Estado en el ámbito del desarrollo urbano y crecimiento de ciudades, surgen nuevas interrogantes sobre ¿Cómo abordar el *trade off* entre el crecimiento de las ciudades y el riesgo de desastres, y su intensificación por efecto del cambio climático? ¿Cuáles son las medidas que debe tomar el Estado para abordar la constante provisión de servicios públicos? ¿Cómo el mercado puede generar soluciones óptimas en

términos de bienestar social? o ¿Hasta qué punto el Estado debe encargarse de abordar las externalidades negativas causadas por el cambio climático y el riesgo de desastres?

La continuidad de entrega de servicios críticos para la vida, como los servicios básicos de agua potable, electrificación, comunicaciones, conectividad, entre otros, sean públicos o privados, pueden verse afectados tras la ocurrencia de un desastre o catástrofe, impactando las características de los bienes y servicios, en términos de sus características de rivalidad y exclusión. Lo anterior, genera externalidades negativas a nivel de bienestar social, por causar exclusión temporal o permanente de un bien o servicio y, a su vez, afectar las características de rivalidad, por suministro insuficiente, generando congestión en la red de servicio.

Para abordar esta problemática, la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI) del Ministerio del Interior y Seguridad Pública de Chile, elaboró el Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (PENGRD), en un marco temporal 2015 – 2018, que operativiza la Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres, formalizada en el gobierno de Michelle Bachelet Jeria, el 16 de diciembre 2016.

En diciembre del año 2015, ONEMI convocó al Ministerio de Desarrollo Social (MDS), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), y al Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), para conformar una mesa técnica para abordar el objetivo estratégico 4.5 del PENGRD, que señala “Incorporar las variables asociadas a la reducción del riesgo de desastres en los sistemas de evaluación social y de impacto ambiental de proyectos dentro del Sistema Nacional de Inversiones Públicas”, haciendo responsable al MDS como integrante del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), la entidad responsable de incorporar la evaluación del riesgo de desastres en el proceso de inversión pública.

Para que los recursos del país sean invertidos de manera eficaz y eficiente, el Sistema Nacional de Inversiones (SNI), norma y rige el proceso de inversión pública en Chile, a través de desarrollo de normas de inversión pública, metodologías y herramientas que faciliten el proceso de formulación y evaluación de proyectos. El SNI de Chile se encuentra administrado por el Ministerio de Desarrollo Social y Ministerio de Hacienda, correspondiendo al Ministerio de Desarrollo Social velar por la eficiente y eficaz evaluación

ex ante y ex post de las iniciativas de inversión, mientras que el Ministerio de Hacienda asegura la eficaz formulación y ejecución presupuestaria.

Este documento tiene por propósito documentar el proceso de desarrollo de la **metodología complementaria para la evaluación de riesgo de desastres de infraestructura pública** (en adelante Metodología RD), que implicó el desarrollo del **Índice de Riesgo de Desastres (IRD)** como criterio complementario a la evaluación social de proyectos de inversión que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) de Chile. El desarrollo de la Metodología RD constituyó un aprendizaje que puede ser replicado en otros países que cuenten con información limitada para efectuar simulaciones de riesgo de desastres, y con necesidad de integrar la variable de riesgo de desastres en el proceso de inversión pública.

El presente documento se estructura las cinco secciones: 1. Objetivos, método y alcances; 2. Antecedentes Generales, donde se explica el marco teórico del estudio; 3. Proceso de Desarrollo Metodológico de Chile, donde se detalla cómo el Ministerio de Desarrollo Social de Chile incorporó la variable de riesgo de desastres en el proceso de inversión pública; 4. Metodología complementaria para la evaluación de riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública, donde se explica cómo emplear el índice de riesgo de desastres complementariamente a la evaluación social de proyectos de infraestructura pública; 5. Análisis crítico de la metodología desarrollada por Chile, donde se efectúa un análisis de las oportunidades de mejora de la metodología y aspectos no considerados en su desarrollo; 6. Conclusiones, donde se plantean desafíos para la evaluación social y el riesgo de desastres.

1 OBJETIVOS, MÉTODO Y ALCANCES

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es documentar el proceso de desarrollo de la Metodología RD liderado por el Ministerio de Desarrollo Social de Chile.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Revisar bibliografía nacional e internacional sobre la gestión del riesgo de desastres en Chile en el contexto de la evaluación social de iniciativas de inversión
- b) Describir el proceso de desarrollo de la Metodología RD, detallando las etapas necesarias para el desarrollo e implementación de una metodología para la evaluación social de iniciativas de inversión, aplicando el enfoque multicriterio.
- c) Mejorar la estructura de la Metodología RD para la evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública, complementaria a la evaluación social de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones y mejorar el criterio de decisión para la evaluación social de iniciativas de inversión que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones (SNI).
- d) Efectuar un análisis crítico y obtener lecciones de la experiencia implementada en Chile, de la metodología para la evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública, complementaria a la evaluación social de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones, detallando sus alcances, en el ámbito de la formulación y evaluación social de proyectos, para que pueda servir de experiencia a replicar en otros países y en otras áreas de inversión pública en Chile.

1.2 MÉTODO Y ALCANCES

El presente trabajo está basado en la revisión bibliográfica de experiencias internacionales sobre la evaluación social de proyectos de inversión pública, y en la experiencia lograda tras la aplicación del enfoque multicriterio para la toma de decisiones en proyectos de inversión pública.

En su concepción original, la Metodología RD fue orientada a la formulación y evaluación de iniciativas de edificación pública, edificaciones administrativas, como ministerios, y edificaciones para la entrega de servicios públicos, tales como hospitales, jardines infantiles, gimnasios, entre otros. Asimismo, su aplicación también permite **evaluar el riesgo de desastres de un territorio**, es decir, para evaluar la reducción del riesgo de desastres en un territorio a nivel local, un barrio o un conjunto de manzanas de viviendas. El resultado de su aplicación ayuda a orientar soluciones urbanas para mejorar la resiliencia territorial ante amenazas naturales (Por ejemplo, a través de la implementación de infraestructura resiliente como parques, muros de contención, entre otros, que puedan mejorar o aumentar la resiliencia del territorio y, por ende, reducir el riesgo de desastres del territorio).

La Metodología RD **aborda la estimación de un Índice de Riesgo de Desastres (IRD)** para las amenazas de incendios forestales, erupciones volcánicas, tsunamis y remoción en masa, dejando fuera del análisis inversión que esté en zonas de inundaciones pluviales o fluviales o expuestas a marejadas, sequías u otra amenaza hidrometeorológica.

Considerando la información disponible al momento de desarrollar la Metodología RD, no fue considerado desarrollar el modelo multicriterio para la evaluación de **amenazas por inundaciones pluviales o fluviales, marejadas y sequías**.

Se destaca que el desarrollo de la Metodología RD no contempló el uso de escenarios asociados al cambio climático, y considerando la complejidad de requerimientos de información, fue descartado el desarrollo de modelos multicriterios multi-amenaza, por el alto costo que implica mejorar la calidad de información y monitoreo (gestión de datos), lo que constituye un aspecto crítico para lograr un modelo multicriterio robusto.

2 ANTECEDENTES GENERALES

2.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

La actual Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre (PNGRD), aprobada mediante DS Presidencial N° 1512 del 2016, tiene como objetivo “Otorgar al Estado de Chile un instrumento o marco guía que permita desarrollar una gestión integral del riesgo de desastres donde se articulen la política general con las políticas transversales y las políticas sectoriales, y en donde se lleven a cabo las acciones de prevención, respuesta y recuperación ante desastres, dentro del marco del desarrollo sustentable”¹.

La política se encuentra enmarcada dentro del Marco de Acción de Hyogo (MAH), que fue aprobado en la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, celebrado en Kobe, Hyogo (Japón) el año 2005, cuyo compromiso nacional se renueva con la reciente adhesión al Marco de Sendai en marzo del año 2015. Este marco contempló un periodo de duración de 10 años y su principal objetivo fue el “aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres” (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

En marzo del 2015 se celebró en Sendai, Miyagi (Japón), la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, donde fue aprobado el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

El Marco de Sendai es el instrumento sucesor del Marco de Hyogo (2005-2015), que desarrolla la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, siendo el primer marco de política mundial de la agenda de las Naciones Unidas para después de 2015. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 vincula la reducción del riesgo de desastres con los desafíos de desarrollo y resiliencia (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

Por otra parte, en 2016, 193 países miembros de las Naciones Unidas se comprometen al desarrollo sostenible, estableciendo la denominada Agenda 2030 que contiene un total de 17

¹ DS Presidencial N° 1512 del 2016. Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, enfocadas a mejorar la calidad de vida. Se destaca que la Agenda 2030 reconoce las necesidades para reducir el riesgo de desastres en diferentes sectores, y lograr infraestructura resiliente para el desarrollo de ciudades sostenibles (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

En 2016, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) establece las bases del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018 (PNGRD), contemplando cinco ejes estratégicos:

1. Fortalecimiento institucional. Lograr que la reducción de riesgo de desastres sea una prioridad nacional, regional y local con una sólida base institucional para su implementación.
2. Fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y alerta temprana. Poner a disposición del Sistema Nacional de Protección Civil la información técnica oportuna y de calidad que permita realizar una evaluación del riesgo eficiente y eficaz, para la toma de decisiones.
3. Fomento de la cultura de prevención y el auto aseguramiento. Fomentar en el país una cultura de seguridad y resiliencia, mediante la utilización del conocimiento, la innovación y la educación.
4. Reducción de los factores subyacentes del riesgo. Considerar los factores subyacentes del riesgo de desastres del país en función de la toma de decisiones tanto en el ámbito público como privado, en pro de un desarrollo sustentable.
5. Fortalecimiento de la preparación ante los desastres. Para lograr una respuesta eficaz, mantener mecanismos permanentes de coordinación interinstitucional para fortalecer la preparación ante los desastres con el objetivo de lograr una adecuada gestión de riesgo de desastres, que asegure una respuesta oportuna, eficaz y eficiente.

Para dar cumplimiento a la prioridad 4 "Reducción de los Factores Subyacentes del Riesgo" del PNGRD, se conformaron mesas de trabajo interinstitucionales para responder a cada uno de los objetivos estratégicos. Específicamente, el objetivo estratégico 4.5 indica: "Incorporar las variables asociadas a la reducción del riesgo de desastres en los sistemas de evaluación social y de impacto ambiental de proyectos dentro del Sistema Nacional de Inversiones Públicas", haciendo responsable del cumplimiento de este objetivo al Ministerio

de Desarrollo Social, a través de la elaboración de una metodología que permitiera analizar y evaluar el riesgo de desastres en proyectos de inversión pública, con el fin de obtener infraestructura resiliente. (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

2.2 SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES

El Sistema Nacional de Inversiones (SNI) es la entidad que norma y rige el proceso de inversión pública de Chile. Reúne todos los principios, metodologías, normas, instrucciones y procedimientos que orientan la formulación, evaluación y ejecución de los estudios básicos de las iniciativas de inversión que postulan a fondos públicos (Ministerio de Desarrollo Social, 2019), con el objetivo de impulsar aquellos que sean más rentables para la sociedad y que respondan a las estrategias y políticas de desarrollo económico y social del país.

El SNI está compuesto por cuatro Subsistemas, los mismos que definen las etapas del proceso de inversión:

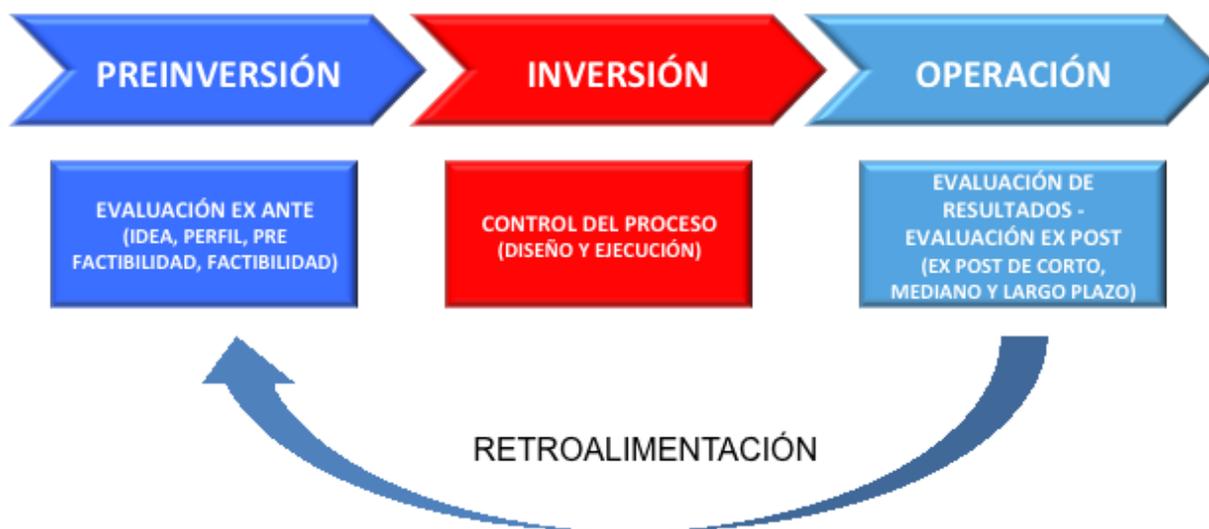
- Subsistema de Análisis Técnico Económico (evaluación ex ante),
- Subsistema de Formulación Presupuestaria,
- Subsistema de Ejecución Presupuestaria y
- Subsistema de Evaluación Ex Post.

El Ministerio de Desarrollo Social es responsable de dos subsistemas: el Subsistema de Análisis Técnico Económico (evaluación ex ante) y el Subsistema de Evaluación Ex Post. Este último se efectúa con el objeto de analizar los resultados de los proyectos de inversión que ingresaron al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) al término de su ejecución y en la etapa de operación (Ministerio de Desarrollo Social, 2019).

2.4 CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

A los proyectos de infraestructura que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones, les corresponde desarrollar las siguientes fases del ciclo del proyecto (Figura N°1):

Figura N° 1. Fases del ciclo de vida de un proyecto



Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2016)

2.4.1 PREINVERSIÓN

El objetivo de esta fase es desarrollar una idea de proyecto y determinar la conveniencia de implementar la iniciativa de inversión. En general, la fase de preinversión del proyecto desarrolla las siguientes etapas: 1. Generación y análisis de la idea del proyecto; 2. Estudio en el nivel de perfil; 3. Estudio de prefactibilidad; y 4. Estudio de factibilidad (Ministerio de Desarrollo Social, 2016).

El estudio en el nivel de perfil reúne y analiza todos los antecedentes que permiten formar un juicio respecto a la conveniencia y viabilidad técnico-económica de llevar a cabo la idea de proyecto. Además, examina con más detalle las alternativas viables desde el punto de vista técnico, económico y social, descartando las menos atractivas y seleccionando la o las mejores (Ministerio de Desarrollo Social, 2016).

En los proyectos de infraestructura deben incorporar en el perfil, la identificación del problema, el análisis del área de influencia, identificación de la población objetivo, análisis de oferta y demanda de los bienes y/o servicios del proyecto; el análisis de las alternativas de solución (según tecnología, localización y tamaño), además de la estimación de costos y beneficios sociales. Así también se debe detallar el modelo de gestión, programa arquitectónico y equipamiento, presupuesto y vida útil de los activos del proyecto.

2.4.2 INVERSIÓN

La fase de inversión del proyecto tiene por propósito efectuar todas las acciones necesarias para ejecutar físicamente el proyecto, según las especificaciones detalladas en la fase de preinversión. Esta fase está compuesta por las etapas de diseño y ejecución (Ministerio de Desarrollo Social, 2016).

2.4.3 OPERACIÓN

La fase de operación tiene por objeto llevar a cabo la entrega de servicios para lo cual el proyecto fue formulado y ejecutado. En esta fase se efectúa el seguimiento y monitoreo de los indicadores de cumplimiento del propósito y gestión, que permitirán luego evaluar la eficiencia y efectividad del proyecto de inversión.

2.5 MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO

La importancia de identificar los componentes del riesgo de desastres es que ello permitirá configurar alternativas de proyectos en vista de la conveniencia de efectuar inversión en infraestructura pública en una determinada localización, discerniendo por materialidad, diseño u otras variables que puedan incidir en el nivel de riesgo al que estaría sometida.

En el contexto de la formulación y evaluación de proyectos de infraestructura pública, las medidas de gestión que surjan para la **Reducción de Riesgo de Desastre (RRD)** deberán estar enfocadas, por una parte, a reducir la exposición a la amenaza mediante la identificación de medidas como la localización (proyecto nuevo) o relocalización de un

proyecto existente; y por otra, a incrementar la resiliencia o reducir la vulnerabilidad del proyecto, a través de medidas de gestión del riesgo, como adaptar la infraestructura, adoptar planes de contingencia², o incorporar medidas de mitigación, que permitirán reducir el impacto del riesgo asociado a desastres.

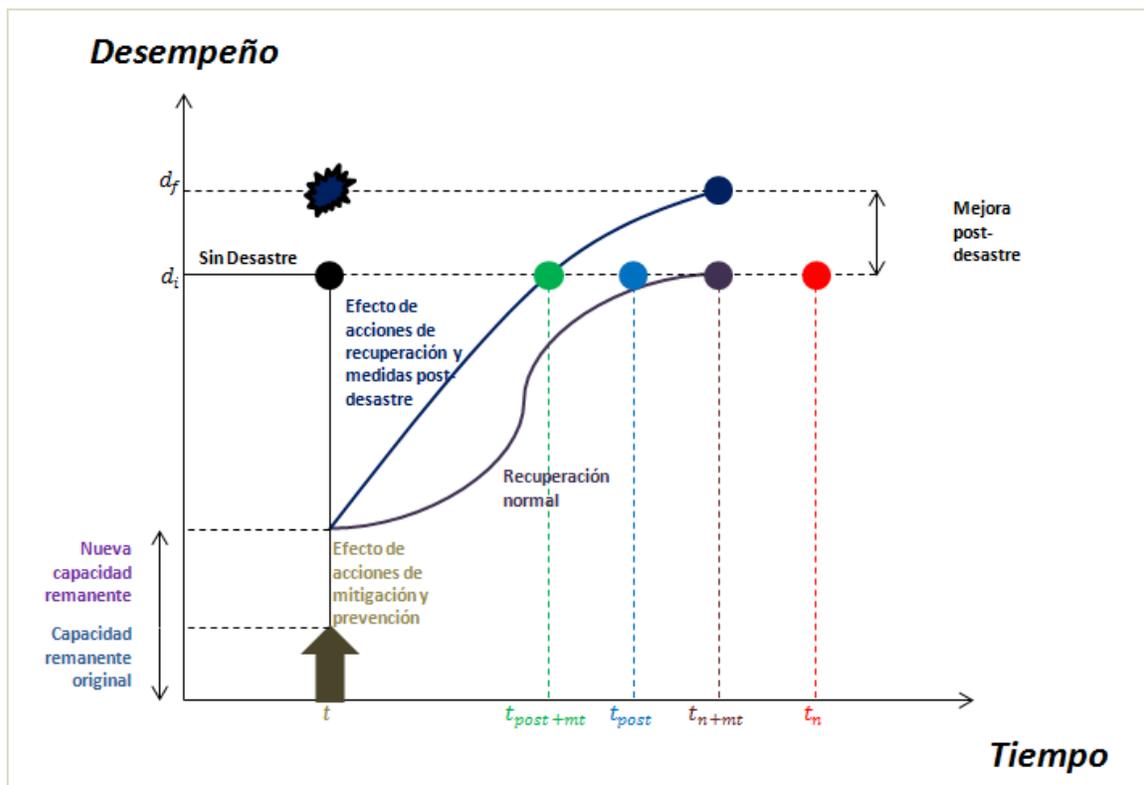
Para reducir el riesgo en una unidad funcional, se debe considerar:

1. Reducir la vulnerabilidad de la unidad funcional mejorando la estructura, calidad de los materiales, tecnología y otros relacionados con la infraestructura propia del proyecto como también del entorno. Si bien un proyecto no se puede hacer cargo de la vulnerabilidad física del entorno inmediato, es importante identificar sus debilidades y recomendar medidas de gestión que permitan asegurar la entrega del servicio, tal como medidas de adaptación de su infraestructura, dado que un evento de desastre podría causar inhabilitación del acceso, causar daño a su infraestructura, generar daño al servicio o a la población atendida.
2. Incrementar la resiliencia de la unidad funcional, es decir, mejorar la capacidad de recuperación de la infraestructura, reposición del servicio o del acceso a éste por parte de la comunidad, considerando dentro de esto último, la recuperación de las vías de acceso a un servicio o infraestructura mediante planes de contingencia.

Esquemáticamente, la siguiente figura (Figura N°2) muestra cómo las acciones de reducción de la vulnerabilidad pueden influir positivamente en la curva de restauración del sistema:

² Ver en Glosario. Anexo N° 1.

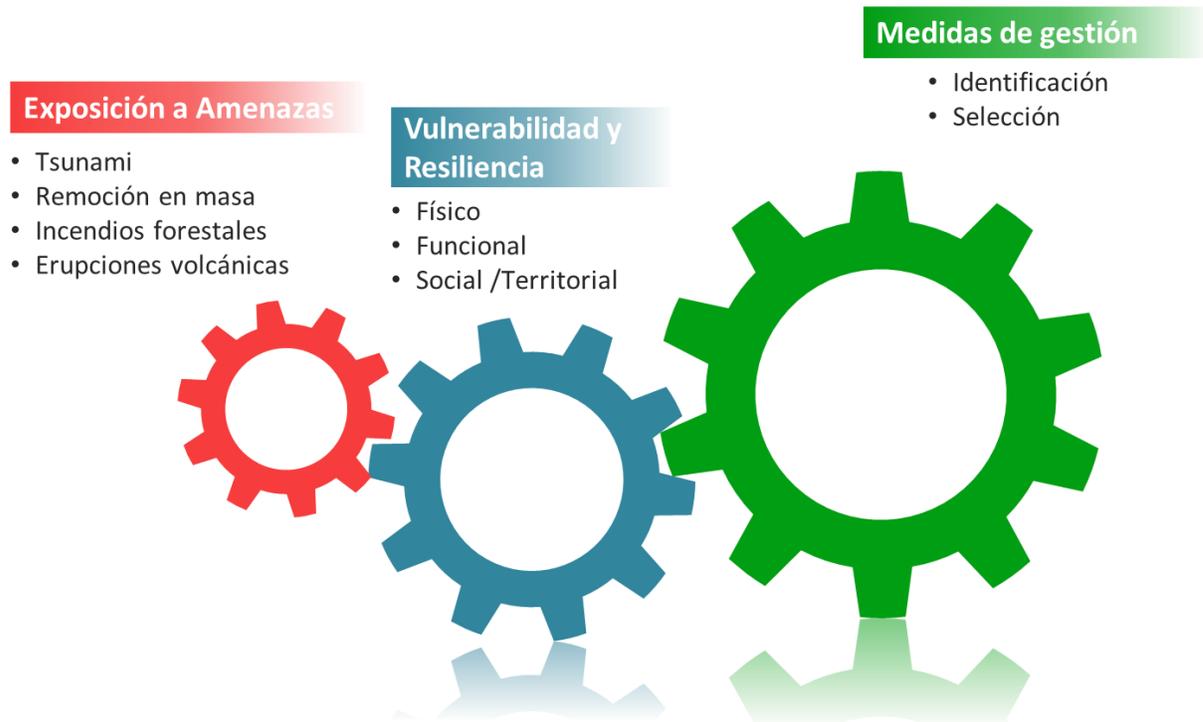
Figura N° 2. Curva de restauración del sistema post- desastre



Fuente: CNID (2016)

Para la identificación de medidas de gestión para la reducción del riesgo de desastres se analizará cada uno de sus componentes por separado (amenaza, vulnerabilidad y resiliencia), con el objetivo de obtener medidas focalizadas en resolver los problemas puntuales identificados y que están relacionadas directamente con la intensidad y efecto de cada componente que genera el riesgo en el territorio.

Figura N° 3. Identificación de Medidas de Gestión



Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Finalmente, la identificación de todas las medidas de gestión permitirá la conformación de alternativas para la reducción de riesgo de desastre, las que, posteriormente, deben ser evaluadas socialmente, con el objetivo de seleccionar la alternativa más conveniente, en términos económicos y de reducción de riesgo de desastres.

2.6 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

La experiencia internacional sobre la medición de riesgo de desastres en infraestructura pública indica que las principales variables incidentes del riesgo de desastres responden a la exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia.

En el caso de Costa Rica el Sistema Nacional de Inversiones, liderado por el Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), el 2010 incorporó el análisis y evaluación del riesgo de desastres en proyectos de inversión pública, el cual consiste en analizar la exposición a amenazas de la localización del proyecto, abordando las amenazas por deslizamiento, avalanchas, inundaciones, sequías, erupciones volcánicas, tsunamis, eólica, sismos e incendios forestales. La estimación del grado de amenaza al cual está expuesto un proyecto se efectúa aplicando matrices con preguntas, que dan como resultado un puntaje que asimila a una escala de que va entre 1 y 5 y que categoriza el nivel muy bajo y muy alto de amenaza. Para el caso de cuantificar el grado de vulnerabilidad del proyecto, también son aplicadas matrices con preguntas orientadas a identificar el grado de exposición de la localización del proyecto, su fragilidad y capacidad de resiliencia. Finalmente, la cuantificación del riesgo de desastres se efectúa valorando la probabilidad de pérdida o daños, relacionados con posibles pérdidas humanas, materiales, infraestructura, ambientales, servicios, entre otras. Estableciendo la cuantificación de los daños, es posible determinar o identificar medidas de gestión o alternativas de solución que permitan reducir el efecto del daño, comparando una situación sin medidas de reducción de riesgo y otra con medidas de reducción de riesgo, para determinar el impacto en términos de costos y beneficios. El enfoque de evaluación aplicado por Costa Rica es el enfoque de eficiencia, a través del análisis de costos y beneficios, siendo el indicador de decisión relevantes el VAN y la TIR. Se destaca que Costa Rica cuenta con mapas de amenazas a nivel nacional que incorporan el grado de amenaza en el territorio.

En el caso de Perú, implementado por el Sistema Nacional de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), que incorporó el análisis y evaluación de riesgo de desastres en el año 2010, con un enfoque muy parecido al de Costa Rica, basado en el análisis de daño evitado, sin embargo, la desventaja de evaluar proyectos de inversión pública con este análisis es que proyectos pueden resultar ser rentables solo por el hecho de

reducir pérdidas de daños ocasionados por desastres y no para solucionar la problemática por el cual el proyecto está siendo evaluado.

Otras experiencias como la de Canadá el análisis y evaluación del riesgo de desastres ocasionado por inundaciones pluviales y fluviales está orientado a identificar potenciales peligros a nivel geográfico, a través de su probabilidad de ocurrencia, potencial impacto y vulnerabilidad. Para esto efectúa un análisis de impacto sobre la población y sociedad, midiendo los daños en términos de muertes ocasionadas, desplazamiento y duración, además de analizar los daños ocasionados al medio ambiente, economía local, infraestructura y sector público. Para esto, se efectúa la evaluación de riesgo basado en el mapa de inundaciones, para lo cual se debe efectuar un plan de mitigación concretado en proyectos estructurales y no estructurales, para lo cual se evaluar el retorno de la inversión en mitigación, estimando el ahorro de las pérdidas con respecto al monto de inversión del proyecto original, sin medida de mitigación. (Ver Anexo N°2, con experiencias de la evaluación del riesgo de desastres)

Finalmente destaca la experiencia de Japón, que contiene una base de datos histórica de más de 50 años, con avanzadas mediciones de daño representadas en curvas de fragilidad por intensidad de eventos ya sean tsunamis, inundaciones y otros. Con base a esta información efectúan estimaciones del costo y evaluación de infraestructura resiliente, que debe cumplir normativas vigentes.

3 PROCESO DE DESARROLLO METODOLÓGICO DE CHILE

3.1 ANTECEDENTES GENERALES

El desarrollo de la Metodología RD comenzó en diciembre del 2015, con la conformación de una mesa de trabajo interinstitucional constituida por Ministerio de Desarrollo Social, Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior (ONEMI), Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), que tuvo por propósito abordar el cumplimiento del objetivo estratégico 4.5.1 del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018³, que permite materializar la Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres. Este objetivo estratégico estuvo orientado en incorporar la variable riesgo de desastres en la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública, siendo la institución responsable de su implementación, el Ministerio de Desarrollo Social.

El Ministerio de Desarrollo Social lideró el desarrollo de la Metodología RD, y en conjunto con ONEMI, efectuó la coordinación de expertos que forman parte del Sistema de Protección Civil.

En mayo 2016 se efectuó una primera reunión de expertos de Costa Rica para discutir sobre el enfoque de la metodología Chilena. Este taller fue cofinanciado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) y el Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Costa Rica fue uno de los líderes a nivel latinoamericano en la incorporación de la variable de riesgo de desastres en el proceso de inversión pública, experiencia que inspiró la estructura metodológica implementada por Chile.

En noviembre del mismo año se efectuó un seminario del proyecto KIZUNA⁴, que contó con el apoyo financiero de JICA y AGCID. En esta oportunidad fueron convocados por primera vez, los puntos focales de la Latinoamérica y el Caribe (LAC) en el ámbito de desarrollo

³ Disponible en https://siac.onemi.gov.cl/documentos/PLAN ESTRATEGICO_BAJA.pdf

⁴ Proyecto Kizuna, "Programa de Capacitación de Recursos Humanos para Latinoamérica y el Caribe en Reducción de Riesgo de Desastres"

metodológico para los Sistemas Nacionales de Inversiones, con el objetivo de mostrar los avances de Chile y conocer los avances del resto de los países asistentes. En esta ocasión fueron discutidos los enfoques de evaluación y maneras de enfrentar el desafío de incorporar el riesgo de desastres en el proceso de inversión de infraestructura pública. Los países participantes fueron Costa Rica, Perú, Colombia, Ecuador, El Salvador, Nicaragua, México, Honduras y República Dominicana.

Incorporadas las observaciones y lecciones aprendidas del seminario Kizuna, en diciembre 2016 concluyó la primera versión de la metodología. Este trabajo involucró la coordinación interinstitucional, liderada por la Plataforma Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres con el Sistema de Protección Civil de ONEMI. El trabajo llevado a cabo estuvo orientado a la definición de los determinantes del riesgo de desastres para las amenazas de incendios forestales, remoción en masa, erupciones volcánicas e inundación por tsunamis.

Con relación a la amenaza de inundaciones pluviales y fluviales, la mesa de trabajo decidió postergar su desarrollo, a pesar de ser de gran relevancia, en cuanto a los desastres que ocasiona a lo largo de Chile, pero la complejidad de disponibilidad y homogeneidad de información imposibilitó su implementación y aplicación. Por otra parte, esta amenaza presenta un componente afectado por el cambio climático, complejizando la aplicación del enfoque multicriterio, por la alta calidad de información requerida para su desarrollo. Considerando lo anterior, la mesa técnica decidió postergar su desarrollo hasta lograr resultados robustos con la aplicación de las otras amenazas. y mejorar la calidad de la información hidrometeorológica a nivel nacional.

En 2017 JICA apoyó la capacitación sobre conceptos generales para el desarrollo de modelos multicriterio en el ámbito de la evaluación del riesgo de desastres. Esta capacitación estuvo orientada en fortalecer las capacidades de instituciones públicas encargadas del proceso de inversión pública en Latinoamérica y el Caribe (LAC). Los principales contenidos de la capacitación fueron los siguientes: (1) Estructuración de modelos multicriterio; (2) Importancia de establecer medida cuantitativa con escalas cardinales para la comparación y; (3) Implementación de modelos multicriterio en la evaluación de riesgo de desastres.

Concluido el desarrollo de la Metodología RD, en cuanto a conceptualización de amenazas, vulnerabilidad y resiliencia, y definición del enfoque de evaluación social; se efectuó un proceso de validación y pilotaje de la metodología, llevado a cabo con apoyo del Convenio

MDS-ILPES/CEPAL. Este Convenio facilitó la gestión de la contratación de consultorias para establecer la métrica de medición, ponderadores, escalas y estimación final del Índice de Riesgo de Desastres, mediante el enfoque multicriterio. Este proceso no fue efectuado directamente por el Ministerio de Desarrollo Social, debido a que no contaba con las licencias de software para el desarrollo del modelo a través del proceso de jerarquización analítica (AHP). Sin embargo, tanto el desarrollo conceptual del modelo multicriterio, como la coordinación interinstitucional fue efectuada por el Ministerio de Desarrollo Social.

Entre agosto y diciembre 2017 inició el proceso de levantamiento y compilación de medidas de gestión efectuadas por las unidades técnicas, para facilitar el acceso a la información sobre el desarrollo de experiencias en adaptación de infraestructura pública, ejecutadas por servicios públicos a nivel nacional.

En diciembre del mismo año concluyó la versión calibrada de la metodología. La calibración fue efectuada con un set de proyectos que ingresaron al Sistema Nacional de Inversiones en el pasado, de este modo se verificó la consistencia de estimación del índice de riesgo de desastres.

Para probar e identificar los puntos críticos que conlleva la aplicación de la metodología, a inicio del 2018 se efectuó el pilotaje con apoyo del convenio MDS-ILPES/CEPAL, donde fueron efectuados talleres con distintos sectores para validar el formulario Excel para estimación de riesgo de desastres y probar la aplicabilidad de la metodología en proyectos de edificación pública, espacios públicos, infraestructura de redes y mega infraestructura.

Como resultado del pilotaje de la metodología se obtuvo resultados positivos para proyectos de edificación pública, mientras que, para obras civiles de mayor magnitud, los resultados indicaron que la metodología debe ser ajustada, al igual que los formularios Excel de evaluación de riesgo de desastres.

Para el caso de obras civiles en redes, fue sugerido que la aplicación de la metodología fuera efectuada en etapa de prefactibilidad como un ítem adicional en los términos de referencia del proyecto, debido al tiempo y nivel de especificaciones que deben ser desarrolladas al momento de formular y evaluar el proyecto.

Concluida esta etapa de pilotaje y de revisión de observaciones, fueron incorporadas algunas mejoras menores al documento final, versión diciembre 2017, publicada en la página web del Sistema Nacional de Inversiones, como metodología complementaria.

En esta misma fecha la Subsecretaría de Evaluación Social a través del ordinario N° 053/916 informó a ONEMI el cumplimiento de la meta establecida en el Plan estratégico para la Gestión de Riesgo de Desastres y además, mediante el ordinario N°053/921 fue solicitado a principales sectores que formulan y evalúan proyectos de infraestructura de edificación, a aplicar la metodología a modo de complemento a la formulación y evaluación social de proyectos, con el propósito de formular proyectos con mayor resiliencia a desastres.

En el desarrollo del **Índice de Riesgo de Desastres** participaron más de 70 profesionales y especialistas de distintas instituciones, privadas y públicas, entre ellas se encuentran la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Ministerio de Obras Públicas, ILPES, CEPAL, Instituto Forestal (INFOR) del Ministerio de Agricultura, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Salud, Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía, Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), Policía de Investigaciones de Chile (PDI), Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (SERNAGEOMIN), profesionales de instituciones o empresas como: ALV Ingenieros, CITRID, Programa de Reducción del Riesgo de Desastres, Mideplan Costa Rica, CEDEUS, CIGIDEN, MAGEA Costa Rica, profesores de la Pontificia Universidad Católica de Chile y Xterrae Geología.

3.3 PROCESO DE DESARROLLO METODOLÓGICO

En el desarrollo metodológico implementado por Chile, para la evaluación de riesgo de desastres de proyectos de infraestructura pública, destacan las siguientes etapas fundamentales:

- (1) Elaboración del modelo conceptual
- (2) Desarrollo del concepto “servicio crítico”
- (3) Construcción de métrica y escalas del modelo multicriterio
- (4) Definición de umbrales y calibración del modelo
- (5) Identificación de medidas de gestión de riesgo y selección de la alternativa más conveniente
- (6) Elaboración de herramientas de apoyo para la evaluación
- (7) Publicación y plan de capacitación

Figura N° 4. Proceso de desarrollo de la metodología de evaluación del riesgo de desastres



Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Elaboración del Marco Conceptual

El marco conceptual corresponde a la base teórica sobre la cual se sustenta la metodología. En esta etapa se construyó la base teórica del Índice de Riesgo de Desastres, a través de la identificación de los determinantes del riesgo (factores y subfactores).

El desarrollo del modelo conceptual para la definición del Índice de Riesgo de Desastres para Chile consideró la definición de riesgo de desastres determinada por la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), alineada con el Marco de Sendai para reducción de riesgo de desastres 2015-2030.

El Índice de Riesgo de Desastres corresponde a la cuantificación del riesgo de desastres en iniciativas de inversión, y que acopla tres determinantes esenciales del riesgo, exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia. Considerando que cada amenaza presenta características propias de generación, fueron identificadas las variables incidentes (factores y subfactores) de cada amenaza de manera independiente.

La valoración de sinergias entre amenazas sigue siendo una tarea desafiante para ser incorporada en un futuro próximo en la evaluación social de proyectos de inversión (análisis multi amenaza).

La base teórica del modelo conceptual implicó una amplia revisión bibliográfica, con el propósito de identificar los factores y subfactores determinantes del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura. Para esto, se efectuó una revisión de experiencias nacionales como internacionales, para identificar: (1) Aspectos críticos del análisis de amenazas, (2) Enfoques de evaluación social aplicables a la evaluación del riesgo de desastres en Chile y, (3) La materialización de medidas de gestión de riesgo.

La validación del modelo conceptual exigió una alta coordinación y participación de actores del sector público y privado. La comisión experta definida por el Ministerio de Desarrollo Social estuvo constituida por profesionales académicos de prestigio, funcionarios públicos y participantes de la sociedad civil. Este grupo de expertos revisó y observó en conjunto el modelo conceptual.

Para el desarrollo del modelo conceptual fueron efectuados los siguientes pasos:

- a) Determinación de la estructura metodológica
- b) Conformación de mesa de expertos
- c) Revisión de bibliografía para identificar los determinantes del riesgo de desastres
- d) Construcción de definiciones para cada factor y subfactor identificado
- e) Construcción de escalas descriptivas para cada factor y subfactor
- f) Validación del modelo conceptual – mesa expertos

Todo el proceso de desarrollo del modelo conceptual fue documentado y respaldado con minutas de reuniones y acuerdos, para evitar retroceder en decisiones ya tomadas con anterioridad.

- **Estructura de la metodología**

La siguiente descripción indica los pasos esenciales a seguir para la aplicación de la Metodología RD en iniciativas de inversión pública.

La Metodología RD desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social está orientada al análisis y evaluación del riesgo de desastres en iniciativas de inversión pública, y debe ser aplicada de manera complementaria a la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI.

La Metodología RD presenta cuatro etapas, correspondientes a: 1) Análisis de amenazas; 2) Cuantificación del riesgo de desastres; 3) Identificación de medidas de gestión del riesgo y; 4) Selección de la alternativa más conveniente.

- **Conceptos desarrollados para la metodología**

Para la construcción de la **metodología de evaluación del riesgo de desastres y del índice de riesgo de desastres**, la mesa técnica consensuó los siguientes conceptos, extraídos del documento “Metodología Complementaria para la evaluación de riesgo de desastres en infraestructura pública”, publicado por el Ministerio de Desarrollo Social (2017):

Proyecto: Iniciativa de inversión cuyo objetivo es el de incrementar, mantener o mejorar la producción de servicios. Se materializa mediante la construcción de infraestructura y provisión de equipamiento cuando es necesario.

Unidad funcional: corresponde a la infraestructura del proyecto junto con su entorno inmediato, así como también sus características físicas que determinen el correcto funcionamiento y continuidad del bien y/o servicio que busca entregar.

Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) para un proyecto de inversión: esfuerzo por reducir los daños y pérdidas que ocasionaría un evento en términos de población, infraestructura y servicios que podrían verse afectados en una unidad funcional en un periodo de tiempo, mediante la identificación e implementación de medidas de gestión que permitan reducir el grado de exposición frente a una o más amenazas, y la vulnerabilidad del servicio e infraestructura que forman parte de esa unidad funcional” (Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

Riesgo de Desastres (RD) de un proyecto de inversión: corresponde a los posibles costos y pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de población, infraestructura, medio ambiente y servicios en una unidad funcional, en un periodo de tiempo específico.

Este fenómeno ocurre por la sinergia entre la exposición frente a una o un conjunto de amenazas, presencia de vulnerabilidad y resiliencia del entorno o proyecto (físico, funcional y social).

Amenazas: En el contexto de proyectos de inversión pública, en esta metodología se considerará el análisis de las siguientes amenazas⁵: Inundación por Tsunami, Remoción en Masa por Flujo, Erupciones Volcánicas, Incendios Forestales.

Exposición: La exposición será considerada como la ubicación de la unidad funcional de un proyecto.

Vulnerabilidad: Se entenderá por vulnerabilidad a las características de la unidad funcional de un proyecto que lo hacen susceptible a sufrir efectos negativos⁶, impidiendo la continuidad

⁵ Se excluyen amenaza por terremotos por considerarse que las medidas de mitigación necesarias se encuentran incorporadas en las Normativas de Diseño Sísmico y Construcción Vigentes. No obstante, es de considerar que la normativa sísmica actual apunta al diseño sísmico que evite el colapso inmediato de las edificaciones ante un evento de gran magnitud, con el fin de proteger vidas humanas. Por lo que se está estudiando la manera de incorporar la amenaza en el análisis en futuras actualizaciones de la metodología, para considerar la protección de la infraestructura propiamente tal.

del servicio que presta. La vulnerabilidad será analizada considerando factores físicos, funcionales y sociales.

- **Vulnerabilidad Física:** Corresponderá a todos los factores que hacen que el proyecto sea susceptible a verse afectado por alguna amenaza; queda determinada por sus propias características físicas y técnicas (materialidad), que puede afectar a la calidad y/o continuidad del servicio que presta durante o posterior a una catástrofe.

- **Vulnerabilidad Funcional:** Corresponderá a todos los factores que hacen que el servicio que entregará el proyecto sea susceptible a una amenaza, impidiendo o afectando su continuidad operacional durante y posterior a un evento catastrófico. Los factores determinantes que definen que la vulnerabilidad funcional de un proyecto sea mayor o menor dependerán de la criticidad del servicio entregado y la incidencia de los bienes y servicios que provee el proyecto en la economía local.

- **Vulnerabilidad Social:** Corresponderá a todas las características sociales de la población objetivo, considerando grupos etarios vulnerables, dependencia física, población potencialmente afectada por interrupción del servicio ante un desastre y población en situación de pobreza.

Resiliencia: Corresponderá a la capacidad de restablecer, recuperar o reponer el bien y/o servicio entregado por el proyecto en el menor tiempo posible. La resiliencia será analizada considerando factores físicos (dentro y fuera del emplazamiento del proyecto), funcionales y territoriales.

- **Capacidad Física dentro y fuera del emplazamiento:** Corresponderá a todas las medidas de adaptación y/o mitigaciones presentes dentro o fuera del emplazamiento del proyecto, y que darán mayor capacidad de recuperación del servicio durante o posterior a una catástrofe.

‘Deberá entenderse como “efectos negativos” aquellos que reduzcan el nivel del servicio y/o producto que desea entregar un proyecto para una determinada población frente al impacto de una amenaza. Algunos ejemplos corresponden a los siguientes: interrupción a la continuidad del servicio, disminución de la calidad del servicio, disminución en la cantidad entregada del servicio y/o producto, etc.

- **Resiliencia Funcional:** Corresponderá a todos los factores que interfieren en la capacidad de recuperación del servicio. Los factores determinantes de resiliencia funcional para proyectos de infraestructura pública serán: la interdependencia de la red de servicios básicos, plan de continuidad operacional del proyecto, accesibilidad vial para situaciones de emergencia y redundancia del sistema para dar continuidad operacional.

- **Resiliencia Social a Nivel Local:** Corresponderá a la capacidad local de enfrentar catástrofes a nivel local, a través de planes de contingencia (plan de emergencia o de gestión del riesgo) desarrollados a nivel local o municipal.

Cada una de las definiciones definidas anteriormente fueron producto de una revisión bibliográfica inicial, la cual concluye con la definición y consenso de una mesa técnica conformada por profesionales del ámbito público, privado y académico.

3.3.2 Desarrollo del concepto de “servicios críticos”

Para focalizar el nivel de riesgo al cual puede estar afecto un servicio público, es necesario categorizar la prioridad de servicios públicos y diferenciar entre aquellos que son esenciales para la vida y los que no lo son. En el caso de Chile, resultó fundamental orientar tanto instrumentos de planificación territorial como de inversión pública a dar continuidad de servicios vitales durante y posterior a un desastre. Este aspecto es vital para establecer y definir qué se entenderá por servicios críticos, es decir, servicios que deben garantizar su continuidad operacional durante y posterior a un desastre. También debe haber claridad en la definición de servicio no crítico, es decir, servicios postergables en términos de bienestar social y que no representan una necesidad esencial para la vida.

Para el desarrollo del concepto de “servicios críticos” fueron efectuados los siguientes pasos metodológicos:

- a) Revisión bibliográfica del concepto de “Infraestructura Crítica”
- b) Definición del concepto adoptando la realidad nacional
- c) Definición de métrica y escala de servicios críticos
- d) Validación del concepto y sus escalas

Para el desarrollo del concepto de “servicios críticos” se debe efectuar una revisión bibliográfica extensa del concepto, y posteriormente consensuar con expertos intersectoriales una definición para el ámbito de acción de la formulación y evaluación social de proyectos del país; y establecer criterios para diferenciar entre servicios críticos y no críticos.

La conceptualización de “servicios críticos” efectuada por Chile, convocó a profesionales de distintos servicios públicos.

Una vez consensuados los aspectos, definiciones y categorías de “servicios críticos”, la conceptualización fue revisada y retroalimentada por profesionales académicos.

- **Conceptualización de criticidad del servicio**

Infraestructura crítica es definida como una red de sistemas y procesos que colaborativamente funcionan para producir y distribuir bienes y servicios esenciales, que están relacionados fuertemente con las funciones diarias de la sociedad. La infraestructura crítica incluye la red de suministro eléctrico, agua y redes de aguas servidas, red de transporte terrestre y comunicación. También es considerado el sistema de ventilación y sistema de aire acondicionado y equipamiento común a todos los sectores (Wilson G. et al., 2014).

Por otra parte, una compilación efectuada por Bach C. et al. (2013) sobre la definición de **infraestructura crítica**, obtiene que:

Tabla N° 1. Definiciones internacionales de infraestructura crítica

País	Definición
Australia	Infraestructura crítica es definida como instalaciones físicas, cadena productiva, tecnología de información y líneas de comunicación. Las que, si son destruidas o no estuvieran disponibles por un periodo, significaría un impacto para el bienestar social o económico de la nación. O afecte la habilidad de Australia a conducir la defensa nacional y hacer segura la seguridad nacional.
Alemania	Infraestructura crítica son organizaciones e instalaciones de mayor importancia a la comunidad cuya falla o discapacidad podría causar una escasez sostenida del suministro, significando interrupciones al orden público o otras dramáticas consecuencias.

País	Definición
Unión Europea	Infraestructura crítica significa un activo, sistema o parte en esto localizado en miembros de estados que es esencial para el mantenimiento de las funciones vitales de la sociedad, salud y seguridad del bienestar social y económico de las personas, y que su interrupción o destrucción tendría un impacto significativo en miembros del Estado como resultados de pérdida de mantenimiento de las funciones.
Estados Unidos	Infraestructura crítica es definido como un sistema y activo, si físico o virtual, vital para USA que la incapacidad i destrucción como un sistema y activo podría impactar debilitando la seguridad, seguridad económica nacional, la salud pública nacional, o cualquier conminación de estas materias.

Fuente: Bach C, A.K. Gupta, S.S. Nair and J. Birkmann (2013)

Los atributos comunes de infraestructura crítica encontrados por Bach C, A.K. Gupta, S.S. Nair and J. Birkmann el 2013, son:

1. Instalaciones/sistemas / organizaciones con función esencial para el funcionamiento de la sociedad
2. Si son interrumpidos significa un perjuicio o pérdida significativa para la sociedad.

La infraestructura crítica generalmente está dividida en física y en sistema de infraestructura socioeconómica. Física se refiere a todos los servicios básicos, como electricidad, suministro de agua, tratamiento de agua, transporte y comunicaciones. Infraestructura Socioeconómica se incluye instalaciones como hospitales, escuelas, y administración pública, servicios de administración de desastres y áreas recreacionales. (Bach C. et al, 2013)

Considerando las definiciones anteriores, para la evaluación social de proyectos será considerado como **servicio crítico**, toda instalación física, sea infraestructura y/o equipamiento, necesario para permitir la prestación continua de aquellos servicios esenciales (básicos) e impostergables para la vida, salud y sostenibilidad continua, para cumplir con las funciones diarias de la sociedad. Son considerados como **servicios críticos**, aquellos relacionados con el suministro de agua, electricidad, tratamiento de aguas servidas, comunicaciones, transporte, salud y servicios de administración de emergencias y desastres. La **criticidad del servicio** será calificada por el grado de criticidad de la instalación física, mirada desde el punto de vista del servicio que presta a la sociedad, considerando que algunos servicios involucran un mayor impacto a nivel socioeconómico y, que su función es

esencial para la vida. Para esto, la mesa técnica definió cuatro niveles de criticidad: alta, media, baja y no crítica, que presentan las siguientes características:

Tabla N° 2. Criticidad de servicio

Criticidad del Servicio	Definición /tipo instalaciones
Alto	El servicio debe operar de manera continua, para asegurar el acceso a servicios esenciales a la vida. Corresponde a servicios de seguridad pública y servicios de emergencia, red de salud (alta, mediana y baja complejidad, cuando sea el único servicio disponible en la red asistencial), suministro de energía, producción (tratamiento) de agua potable, recolección de aguas servidas, comunicaciones, viviendas para adultos mayores, recintos designados como albergues, red primaria de aeropuertos y caminos interurbanos sin redundancia.
Medio	El servicio debe operar, aunque sea de manera parcial, para asegurar el acceso a servicios esenciales a la vida. Corresponden a la administración pública, red secundaria y terciaria, líneas férreas, caminos interurbanos y metro. Distribución de agua potable, tratamiento de agua servida, suministro de agua. Servicio de Salud de baja complejidad (SAR).
Bajo	Su interrupción trae consecuencias menores, ya que no afectan a servicios esenciales para la vida, debido a la factibilidad de respaldo o alternativas de solución paralelas. Corresponden a servicios relacionados con: Servicios de salud de baja complejidad (CECOF, COSAM), Transporte marítimo, recintos educacionales y gimnasios no designados como albergues.
No crítico	Servicios postergables, su interrupción o cese de funcionamiento no compromete el acceso a servicios esenciales para la vida. La continuidad del servicio no depende de instalaciones de respaldo y su operación no es esencial para la vida. Corresponde a espacios públicos, borde costero, centros culturales y de investigación.

Fuente: Basado en ONEMI (2017)

3.3.3 Construcción de métrica y escalas del modelo multicriterio

Consiste en desarrollar un modelo multicriterio aplicando el proceso analítico jerárquico (AHP) para la evaluación del riesgo de desastres a través de la construcción del **Índice de Riesgo de Desastres (IDR)** mediante la estimación de ponderadores de cada uno de los criterios y subcriterios definidos en la primera etapa (Elaboración del modelo conceptual). Además, en esta etapa se lleva a escalas numéricas cardinales para la medición del riesgo de desastres con el propósito de obtener magnitudes comparables y robustas que permitan resolver un Índice de Riesgo de Desastres, acoplando las variables incidentes de amenazas, vulnerabilidad y resiliencia.

El AHP fue desarrollado a finales de los 60 por Thomas Saaty, quien a partir de sus investigaciones en el campo militar y su experiencia docente formuló una herramienta sencilla para ayudar a las personas responsables de la toma de decisiones (Osorio, J. & Orejuela, J.,2008).

“El propósito del método es permitir que el tomador de decisiones pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, de manera jerárquica, que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas. Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de estas mediante la agregación de esos juicios parciales” (Delgado-Galván, X. Et al, 2011).

El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior, esto podrá verse con mayor claridad en el desarrollo del ejemplo que se encuentra en el siguiente apartado de este artículo (Osorio, J. & Orejuela, J.,2008).

El proceso analítico jerárquico empleado para la construcción del IRD contempló la participación de expertos en cada área, específicamente, para cada amenaza, vulnerabilidad y resiliencia, considerados como actores claves para la estimación de ponderadores, umbrales y escalas. El listado de profesionales que participaron en la construcción de escalas y ponderadores de cada submodelo están detallados en el Anexo N° 3.

Los pasos a seguidos para establecer la métrica y escalas del modelo multicriterio son los siguientes:

- a) Identificación de expertos de cada subfactor del modelo
- b) Coordinación de reuniones para la construcción del modelo multicriterio
- c) Determinación de ponderadores de factores, subfactores y escalas

- **Medición del Índice de Riesgo de Desastres (IRD)**

La construcción de la métrica está basada en la determinación del riesgo de desastre, dada por la aplicación de la siguiente fórmula:

Fórmula N°1. Índice de Riesgo de Desastres

$$IRD_a = E_a * V_a * (1 - Re_a)$$

Donde,

IDR_a = Índice de Riesgo de Desastres del proyecto de la amenaza a, siendo i= 1: Tsunami, 2: Remoción en Masa, 3: Incendios Forestales, 4: Erupciones volcánicas, medido en una escala entre 0 y 1

E_a = Exposición a la amenaza a, medida en una escala entre 0 y 1.

V_a = Vulnerabilidad asociada a la amenaza a, medida en una escala entre 0 y 1.

Re_a = Resiliencia asociada a la amenaza a, medida en una escala entre 0 y 1.

Las amenazas abordadas en la Metodología RD y los factores que inciden en su calificación son: (1) Inundaciones por Tsunamis: Altura de inundación; (2) Erupciones Volcánicas: Flujo volcánico, Caída de Piroclastos; (3) Remoción en Masa por Flujos: Condicionantes de Generación, Área de Alcance; (4) Incendios Forestales: Distancia, Pendiente, Masa Combustible. Cada amenaza debe ser analizada considerando el grado de exposición de la unidad funcional.

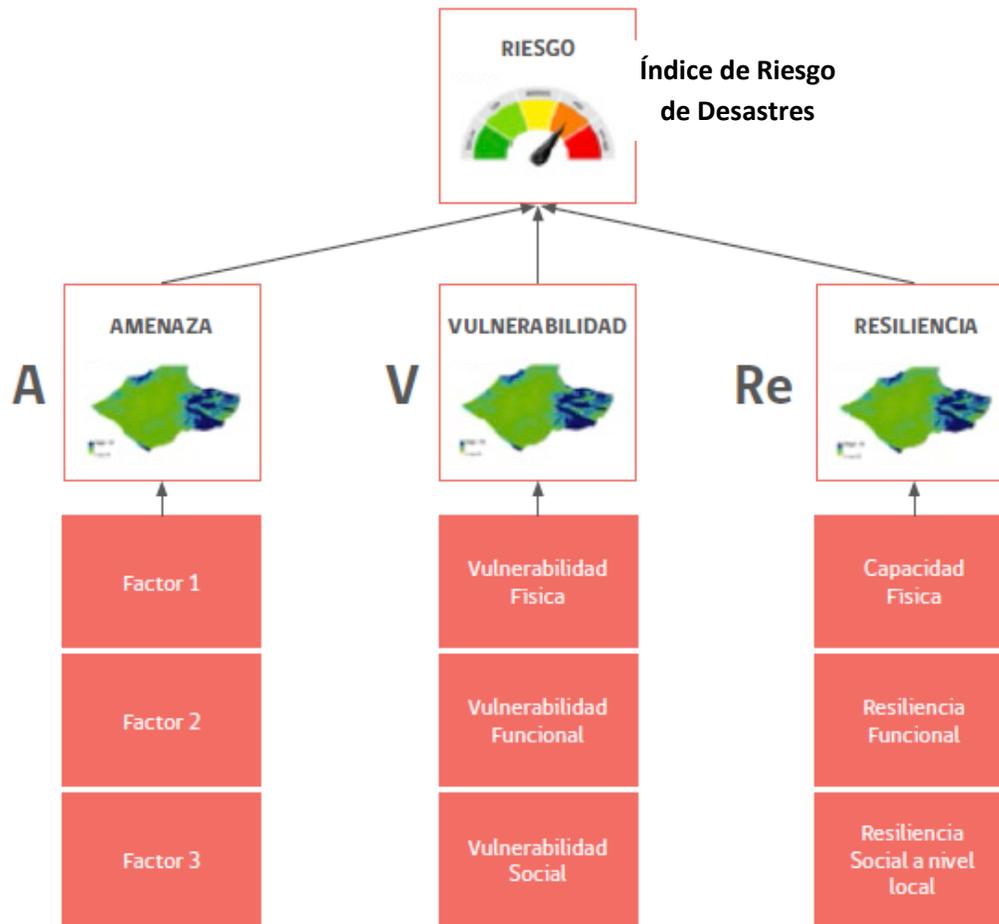
Por otra parte, los factores que determinan la vulnerabilidad y resiliencia son: (1) Vulnerabilidad: Vulnerabilidad Física, Vulnerabilidad Funcional y Vulnerabilidad Social; (2) Resiliencia: Capacidad física dentro y fuera del emplazamiento del proyecto, Resiliencia Funcional y Resiliencia Social a Nivel Local.

Para la estimación del Índice de Riesgo de Desastres de una iniciativa de inversión es estimada a través de un modelo multicriterio que combina el grado de exposición por amenaza, vulnerabilidad y resiliencia. El modelo multicriterio está construido con la base de submodelos multicriterio independientes. Fueron desarrollados un modelo multicriterio por amenaza, más un modelo vulnerabilidad y otro de resiliencia, cada uno independiente entre sí.

El Índice de Riesgo de Desastres responde a la combinación entre amenaza, vulnerabilidad y resiliencia. Cuando no existe exposición de amenazas o vulnerabilidad, entonces el riesgo de desastres es cercano a cero. Sin embargo, cuando hay exposición a amenaza, el riesgo de desastres se ve intensificado en su efecto, dependiendo de las características intrínsecas del territorio, lo cual determina su grado de vulnerabilidad.

El modelo multicriterio con factores y sub-factores determinantes del riesgo de desastres, que permiten construir el índice de riesgo de desastres, es el siguiente (Ver Figura N°5):

Figura N° 5. Factores y sub-factores del índice de riesgo de desastres



Fuente: Miniterio de Desarrollo Social (2017)

Una vez determinados los factores y sub-factores de cada submodelo, y caracterizadas las escalas de medición en términos descriptivos (cualitativo), se aplica el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para parametrizar las escalas de los factores y sub-factores en términos cuantitativos, con el propósito de que las escalas fueran comparables, y de este modo lograr estimar el índice de riesgo de desastres.

El modelo multicriterio construido para la Metodología RD está basado en la comparación de pares, para lo cual se efectuó la transformación a números cardinales de las escalas cualitativas de cada amenaza, vulnerabilidad y resiliencia, obteniendo vectores normalizados entre 0 y 1. Esto se obtiene, a través de la comparación de pares de varios factores, por ejemplo, la siguiente Tabla (Tabla N°3) indica la comparación de pares para obtener el vector en números cardinales para el subfactor de flujo piroclástico:

Tabla N° 3. Comparación de pares

Escalas	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Vector	Vector normalizado de 1 a 0
Muy alto	1	2	5	10	0,473	1
Alto	½	1	3	7	0,368	0,569
Moderado	1/5	1/3	1	2	0,105	0,190
Bajo	1/10	1/7	1/2	1	0,052	0,091
			Suma total	19		

En este sentido, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Tomas Saaty es una técnica de decisión multicriterio que “permite evaluar la consistencia del decisor al emitir los juicios correspondientes a los elementos de las matrices recíprocas de comparaciones pareadas a través de las cuales incorpora al modelo su estructura de preferencias” (Aguarón et al, 2000).

Los ponderadores obtenidos con la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) son los siguientes:

Tabla N° 4. Modelo Multicriterio Amenaza Inundación por Tsunami

Factor	Subfactor
Altura de Inundación (100%)	a) Altura de Inundación (100%)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Tabla N° 5. Modelo Multicriterio Amenaza Erupciones Volcánicas

Factor	Subfactor
Flujo Volcánico (79,62%)	a) Flujo de Lava (6,29%)
	b) Flujo de Lahares (19,88%)
	c) Flujo de Piroclastos (53,45%)
Caída de Piroclastos (20,38%)	a) Piroclastos Balísticos (14,59%)
	b) Acumulación de Piroclastos (5,79%)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Tabla N° 6. Modelo Multicriterio Amenaza Remoción en Masa por Flujos

Factor	Subfactor
Condicionantes de Generación (100%)	a) Pendiente de Ladera (65,8%)
	b) Coeficiente de Escorrentía (23,2%)
	c) Suelo de Fundación (11%)
Área de Alcance (100%)	a) Localización del Terreno (73,3%)
	b) Distancia con Respecto a Taludes (6,8%)
	c) Intervención del Cauce (19,9%)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Tabla N° 7. Modelo Multiplicativo Amenaza Incendios Forestales

Amenaza	Subfactor
Flujo Volcánico (79,62%)	a) Área de Afectación
	b) Pendiente
	c) Masa Combustible

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

El modelo de amenaza de incendios corresponde a un modelo multiplicativo.

Tabla N° 8. Modelo Multicriterio de Vulnerabilidad

Factor	Subfactor
Vulnerabilidad Física (31,14%)	a) Material Estructura Principal (17,45%)
	b) Estado Actual (10,47%)
	c) Plan de Mantenimiento (3,22%)
Vulnerabilidad Funcional (33,29%)	a) Criticidad del Servicio (24,97%)
	b) Incidencia del Servicio en la Economía Local (8,32%)
Vulnerabilidad Social (35,56%)	a) Grupos Etarios Vulnerables Predominantes (5,27%)
	b) Dependencia Física Predominante de la Población Objetivo (3,75%)
	c) Población Potencialmente Afectada por la Interrupción del

Factor	Subfactor
	Servicio (13,36%)
	d) Pobreza por Ingresos (6,59%)
	e) Pobreza Multidimensional (6,59%)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Tabla N° 9. Modelo Multicriterio de Resiliencia

Factor	Subfactor
Capacidad Física Dentro y Fuera del Emplazamiento (25,78%)	a) Instalaciones de Protección, Mitigación o Adaptación dentro del Emplazamiento del Proyecto (10,07%)
	b) Obras Existentes de Protección y/o Mitigación fuera del Emplazamiento del Proyecto para la misma Amenaza (15,71%)
Resiliencia funcional (63,77%)	a) Plan de Continuidad Operacional (4,38%)
	b) Autonomía de la red de los servicios básicos (luz, agua, gas, comunicaciones) (22,8%)
	c) Conectividad al Servicio (10,89%)
	d) Redundancia del Sistema o Servicio (25,70%)
Resiliencia Social a Nivel Local (10,45%)	a) Plan de Emergencia o Plan de Gestión de Riesgo (10,45%)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

La escala para cada uno de los sub-factores están detallados en el Anexo N° 4.

3.3.4 Definición de umbrales y calibración del modelo

Con el propósito de establecer un límite de riesgo de desastre que pueda ser tolerable, en término de inversión pública, se construyó un umbral, sobre el cual se la alternativa de solución debe considerar la implementación de medidas de gestión del riesgo para alcanzar un nivel de riesgo de desastres tolerable. Este nivel de riesgo de desastre tolerable no implica una reducción total del riesgo de desastres al cual una iniciativa de inversión pública

puede verse afectada, sino que tiene por objetivo aplicar racionalidad en el ámbito de la inversión pública, considerando que los recursos son escasos, por lo que deben ser invertidos de manera eficaz y eficiente, considerando las asimetrías de información presentes en el ámbito de riesgo de desastres y de la propia evaluación social de proyectos.

Para la definición de umbrales y calibración del modelo multicriterio fueron efectuados los siguientes pasos:

- a) Verificación de la consistencia del modelo multicriterio
- b) Determinación de los umbrales de tolerancia, según modelo de amenaza
- c) Calibración y ajuste de la estimación de umbrales

Una vez construido el modelo de jerarquización debe ser aplicado a casos reales para analizar su consistencia.

La estimación de los umbrales de tolerancia debe contemplar la opinión de expertos. A través de calibración teórica, mediante la aplicación del AHP, se obtiene un nivel de tolerancia máxima, que permitirá racionalizar la inversión, pero no implica reducción total de riesgo de desastres. Este umbral, debe ser posteriormente calibrado con proyectos situados en zonas expuestas a amenazas como otros sin exposición, para lograr un resultado consistente del modelo y de los umbrales estimados.

En el caso de la Metodología RD, desarrollada para Chile, el umbral representa el máximo riesgo que un proyecto debería tolerar. "Cuando un proyecto presenta un índice de riesgo de desastres menor al nivel de tolerancia o umbral, entonces no será necesario implementar medidas de gestión para la reducción del riesgo. Al contrario, cuando un proyecto supere el nivel de tolerancia o umbral, se deben identificar medidas de gestión para reducir los factores y sub-factores críticos que superan el umbral y, seleccionar la alternativa de medida de gestión más conveniente en términos de costo.

El nivel de máxima tolerancia o umbral está determinado según amenaza y criticidad del servicio, por lo tanto, los proyectos de infraestructura pública que se vean expuestos a amenazas no deberán superar los umbrales definidos.

3.3.5 Criterios para la identificación de medidas de gestión y selección de la alternativa de solución más conveniente

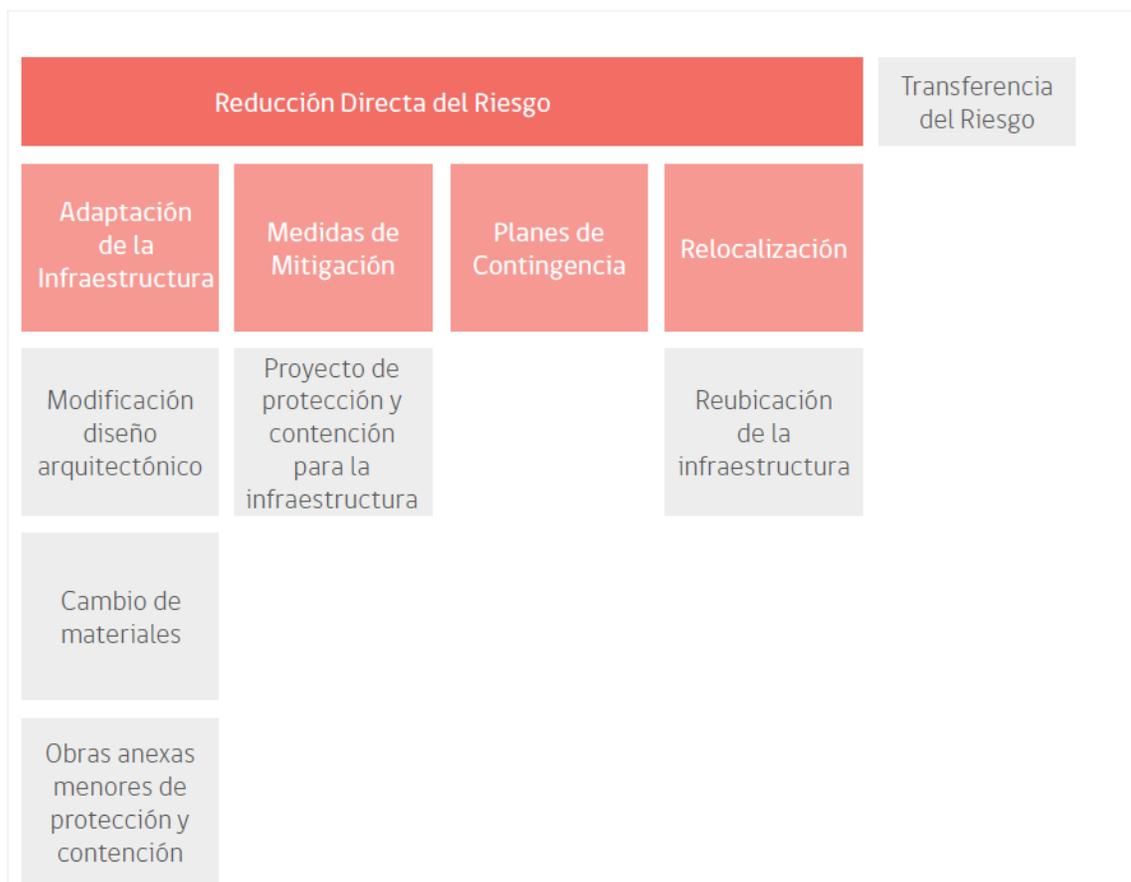
Consiste en definir criterios de decisión para la selección la alternativa de solución y medida de gestión más conveniente en términos socioeconómicos y de reducción de riesgo. Para esto se establecen los principios que deben ser seguidos para establecer las medidas de gestión según alternativa de solución, considerando que todas las iniciativas de inversión que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones, en la etapa de pre-inversión, deben identificar alternativas de solución al problema identificado en el diagnóstico de la formulación y evaluación social de proyectos.

Para la identificación de alternativas de medidas de gestión y criterios de decisión para la selección de la alternativa de solución fueron realizadas las siguientes actividades:

- a) Definición de los criterios para identificar medidas de gestión de riesgo
- b) Definición de los criterios de decisión para seleccionar la alternativa de medida de gestión más conveniente en términos de reducción de riesgo y socioeconómico (evaluación social)
- c) Validación de los criterios establecidos con equipo de expertos
- d) Validación de la aplicación de la metodología
- e) Retroalimentación de la metodología con los resultados obtenidos de la validación

La definición de criterios para identificar medidas de gestión de riesgo debe estar orientada a la reducción directa del riesgo (ver Figura N°6), así como también, la cartera de medidas de gestión puede complementar una o varias medidas para enfrentar el riesgo de desastres identificado.

Figura N° 6. Medidas de gestión de riesgo



Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Para identificar las medidas de gestión, primero se debe conocer el Índice de Riesgo de Desastres del proyecto, y con ello abordar de manera eficiente el riesgo de desastres, para disminuir la exposición a amenazas y vulnerabilidad e incrementar la resiliencia.

La identificación de todas las medidas de gestión permite la conformación de alternativas para la reducción de riesgo de desastre, las que, posteriormente, son sometidas a la evaluación socioeconómica, con el objetivo de seleccionar la alternativa más conveniente.

Para seleccionar la medida de gestión más conveniente, en términos económicos y de reducción de riesgo, se establecen los criterios de decisión que permiten racionalizar la inversión pública. El enfoque utilizado por la experiencia de Chile está basado en el enfoque de eficiencia, donde es seleccionada la medida de gestión más costo eficiente. La selección de la medida de gestión más conveniente corresponde aquella alternativa de medida de

gestión más efectiva y conveniente en términos económicos y de reducción de riesgo, el enfoque de evaluación adoptado es costo eficiencia. Sin embargo, la selección de la alternativa de solución más conveniente debe efectuarse incorporando en la evaluación social de cada alternativa, el costo de la medida de gestión seleccionada anteriormente (medida más costo eficiente), incorporando todos los costos de la medida en el flujo de la alternativa de solución, siendo seleccionada la alternativa más conveniente, considerando los indicadores económicos de decisión de determinados para el tipo de proyecto que esté siendo evaluado.

Algunas preguntas guía para identificar medidas de gestión son las siguientes:

- * ¿La medida identificada resuelve el problema de riesgo identificado?
- * ¿Qué tipo de medida de gestión es posible implementar?
- * ¿Las soluciones identificadas son complementarias en la práctica?

Los criterios de decisión deben ser discutidos y validados por una mesa de expertos. Finalmente, el criterio seleccionado debe ser aplicado a un grupo de proyectos para verificar la consistencia de los criterios y racionalidad de la toma de decisiones.

3.3.6 Elaboración de herramientas de apoyo para la evaluación

La elaboración de herramientas complementarias a la Metodología RD tiene por propósito facilitar la estimación del Índice de Riesgo de Desastres y la evaluación de alternativas de medidas de gestión de riesgo. Para la elaboración de herramientas de apoyo a la evaluación se deben seguir al menos los siguientes pasos:

- a) Identificación de información a base para la estimación del índice de riesgo de desastres
- b) Identificación de aspectos o información relevante para la evaluación social
- c) Diseño de reportes orientado a la evaluación social de proyectos
- d) Selección de software para implementar la herramienta
- e) Programación de la herramienta a desarrollar
- f) Validación de la herramienta – Test

El diseño de la herramienta debe ser amigable y simple, y debe estar orientado a facilitar cálculos complejos. Asimismo, debe facilitar la visualización de resultados relevantes para la toma de decisiones, específicamente, para seleccionar la medida de gestión y alternativa de solución más conveniente, en términos económicos y de reducción de riesgo.

3.3.7 Publicación y plan de capacitación

Todo proceso de desarrollo metodológico debe terminar con la publicación de los documentos desarrollados y un plan de capacitaciones, para difundir y transferir capacidades en cuanto a la correcta aplicación de la metodología en proyectos de inversión pública.

En el plan de capacitaciones deben ser considerados al menos todos los organismos formuladores de proyectos de inversión pública.

4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA - METODOLOGÍA RD-

4.1 OBJETIVO

La Metodología RD tiene por objetivo incorporar el análisis y evaluación del riesgo de desastres en la formulación y evaluación de iniciativas de inversión presentadas al Sistema Nacional de Inversiones (SNI). Esto permitirá entregar orientaciones a formuladores, evaluadores y tomadores de decisión en torno a las posibilidades de proyectar y ejecutar proyectos de infraestructura en territorios expuestos a amenazas, al considerar no sólo su pertinencia, sino también al permitir la adopción de medidas de mitigación y/o adaptación.

4.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA

La Metodología RD debe ser aplicada complementariamente al análisis técnico y económico, de proyectos que ingresan al SNI, tanto en la formulación como en la evaluación, para determinar la alternativa de proyecto más conveniente en términos socioeconómicos. Su aplicación está focalizada a proyectos de construcción, reposición, habilitación, mejoramientos, ampliaciones mayores y normalizaciones, en etapa de pre-inversión.

La Metodología RD contiene las indicaciones para evaluar el riesgo de desastres asociado a las siguientes amenazas: Inundación por tsunamis, erupciones volcánicas, remoción en masa por flujos e incendios forestales. No obstante, cuando el emplazamiento del proyecto se encuentre expuesto a cualquier otro tipo de amenazas (no detalladas en esta metodología), tales como: Fallas sísmicas, inundaciones pluviales y fluviales, marejadas, entre otras; el formulador deberá analizarlas y efectuar consideraciones al proyecto que permitan obtener mayor resiliencia en su operación.

La Metodología RD está orientada a la reducción del riesgo de desastres de proyectos de infraestructura y de un territorio determinado destinado a viviendas o la evaluación de la reducción del riesgo mediante la implementación de infraestructura resiliente (como muros

de contención, plazas resilientes, entre otros) en barrios o conjuntos de manzanas de viviendas.

Aquellos proyectos que sean formulados para reducir el riesgo de desastres de un territorio extenso deberán efectuar consideraciones que permitan mayor resiliencia a nivel de ciudades con otro tipo de herramientas más sofisticadas, que incorporen modelaciones a nivel de diseño, y que consideren el enfoque territorial.

La presente metodología es una versión actualizada de la “Metodología Complementaria de Evaluación de Riesgo de Desastres en Infraestructura Pública”, publicada por el Ministerio de Desarrollo Social en 2017. Los aspectos mejorados en la presente versión corresponde a la estructura general de metodología y cambios en el criterio de decisión basado en el enfoque de eficiencia, para la selección de alternativa de solución más conveniente.

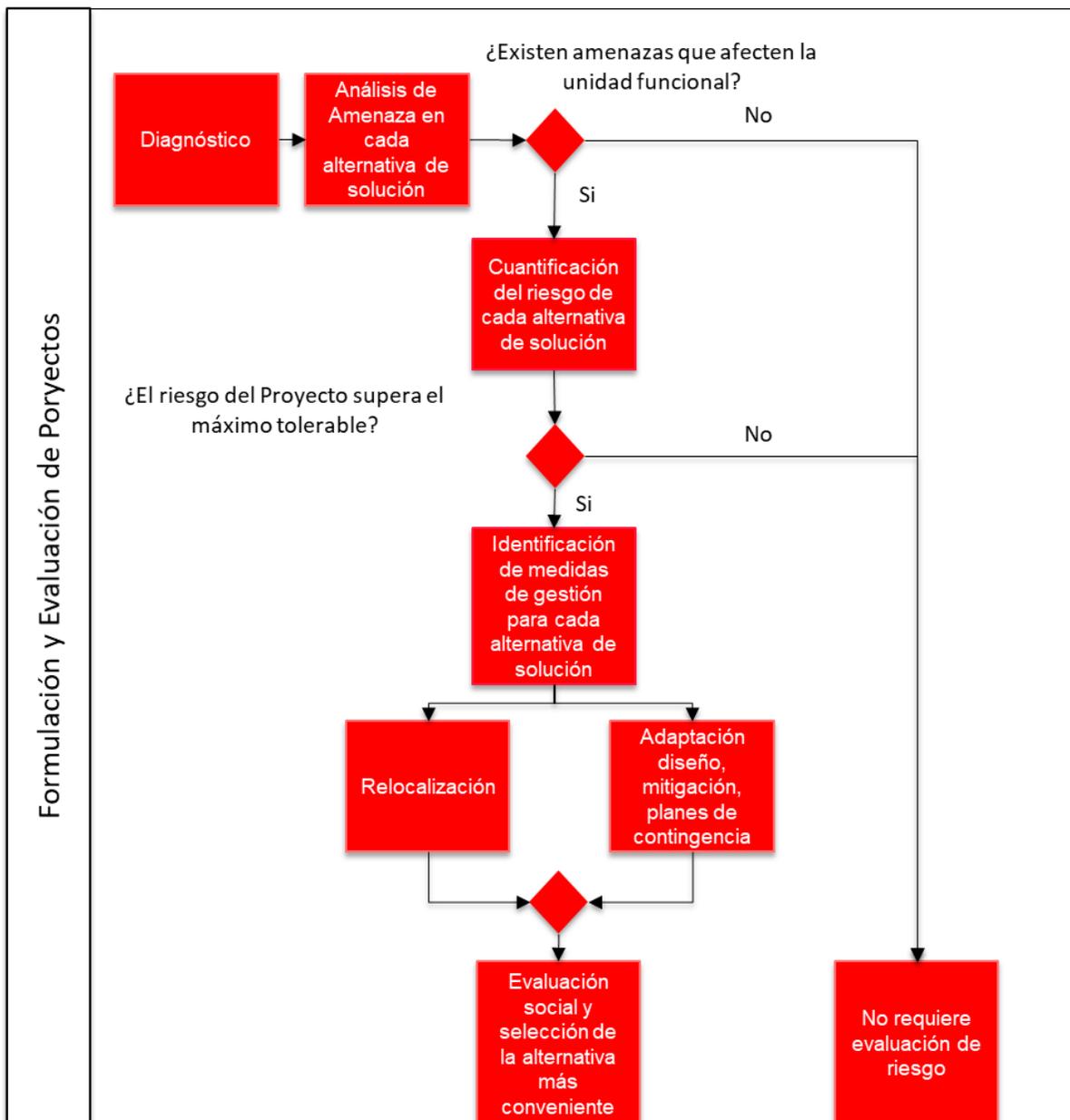
4.3 METODOLOGÍA

El siguiente capítulo indica el proceso de aplicación de la Metodología RD.

Esta metodología debe ser aplicada en la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI, en etapa de preinversión.

Para cada **alternativa de solución** identificada en la formulación del proyecto se debe efectuar el análisis para verificar si está expuesta a una amenaza. Cuando se identifique algún tipo de exposición frente a distintas amenazas (remoción en masa, tsunami, incendios forestales o erupciones volcánicas), se tendrá que cuantificar el riesgo de desastres, en términos del grado de exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia, para luego identificar y seleccionar la alternativa o el conjunto de alternativas de gestión más convenientes para reducir el riesgo de desastres. La siguiente Figura (Figura N° 7) indica el proceso por el cual un proyecto que ingresa al SNI debe analizar la pertinencia de evaluar el riesgo de desastre.

Figura N° 7. Diagrama de Proceso Proyecto de Inversión Pública

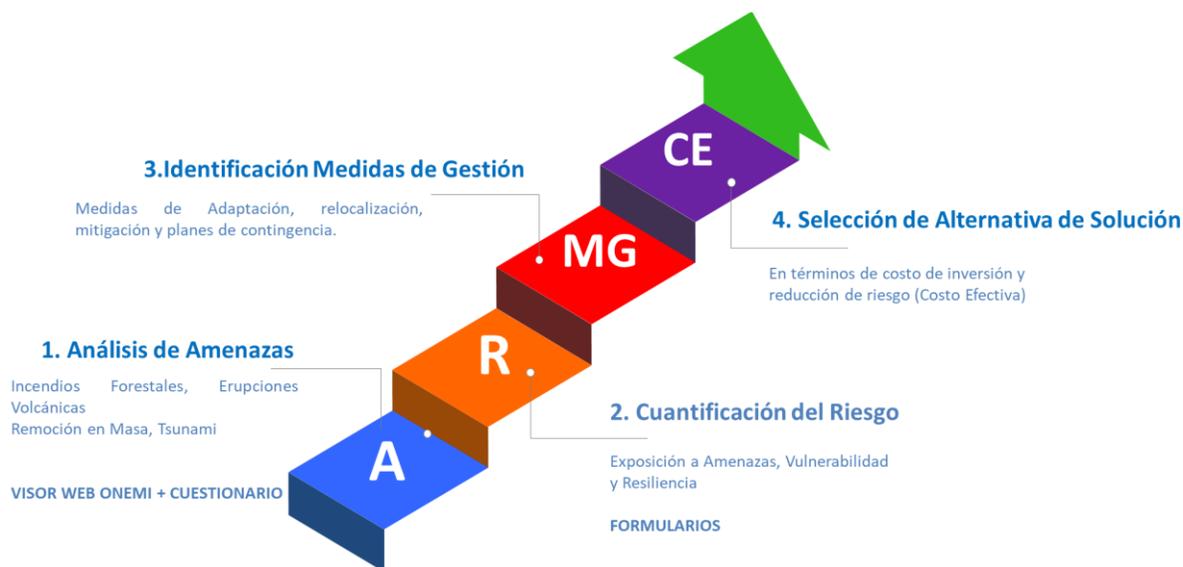


Fuente: Elaboración propia.

La Metodología RD deberá ser aplicada en la etapa de pre-inversión, específicamente al momento de elaborar el perfil del proyecto o según los requerimientos definidos por el sector, siguiendo los requisitos sectoriales para la formulación de proyectos, contenidos en las normas, instrucciones y procedimientos de Inversión Pública (NIP).

La metodología consta de cuatro etapas: (1) Análisis de amenazas, (2) Cuantificación del índice de riesgo de desastres, (3) Identificación de medidas de gestión de riesgo, y (4) Selección de la alternativa de solución más conveniente (Ver Figura N° 8).

Figura N° 8. Pasos de aplicación de la metodología



Fuente: Elaboración Propia

En la **primera etapa de Análisis de Amenazas** se efectúa el diagnóstico preliminar del territorio, donde se aborda cómo reconocer de manera simplificada la exposición a amenazas en la unidad funcional. Para analizar el grado de exposición de cada alternativa de solución se deberán abordar los siguientes pasos:

1. Identificación de la unidad funcional
2. Análisis de exposición a amenazas
3. Identificación del área total afectada

En la identificación de la unidad funcional el formulador debe caracterizar el área de emplazamiento del proyecto y su entorno inmediato, así como también a sus características físicas que determinen el correcto funcionamiento del bien y/o servicio que busca brindar el proyecto. Posteriormente, debe analizar la exposición a amenazas mediante la aplicación de

dos herramientas. La primera herramienta es el **Visor Web "Chile Preparado"**⁷ de ONEMI, que permite visualizar la delimitación de las zonas afectadas por inundación por tsunami, erupciones volcánicas e incendios forestales, mientras que la segunda herramienta consiste en la aplicación de un **Cuestionario** que permite identificar la exposición de otras amenazas (Ver Anexo N°5).

La intersección entre la unidad funcional y la exposición a amenazas de la unidad funcional da como resultado la identificación del área total afectada o expuesta a amenazas.

Cuando el proyecto presente evidencia de exposición a amenazas por tsunami, erupciones volcánicas, remoción en masa y/o incendios forestales, entonces el formulador deberá efectuar cuantificar el índice de riesgo de desastres.

La **segunda etapa** de la metodología, **cuantificación del índice de riesgo de desastres**, tiene por objetivo evaluar el nivel de riesgo de desastres de cada alternativa de solución sin medidas de gestión de riesgo, mediante la cuantificación del grado de exposición a las amenazas, vulnerabilidad y resiliencia y, de este modo, plantear medidas de gestión que permitan reducir el índice de riesgo de desastres. Cuando el índice de riesgo de desastres de la alternativa de solución sobrepase el umbral de tolerancia

La cuantificación del índice de riesgo de desastres debe ser efectuado a la alternativa de solución sin medidas de gestión, conjugando la exposición a amenaza, vulnerabilidad y resiliencia en la unidad funcional, mediante el enfoque multicriterio.

La **tercera etapa** de la metodología corresponde a la **identificación de medidas de gestión**, que permite proponer alternativas tales como medidas de mitigación, adaptación y planes de contingencia, que permiten reducir el riesgo del proyecto en distinto grado.

Finalmente, la **cuarta etapa** de la metodología corresponde a la selección de la alternativa de solución más conveniente mediante la aplicación del criterio de decisión indicado en esta metodología.

⁷ Visor Web Chile Preparado www.onemi.cl/visor-chile-preparado

4.3.1 ETAPA 1. ANÁLISIS DE AMENAZAS

El **análisis de amenazas** tiene por objetivo reconocer de manera preliminar la exposición a amenazas en la unidad funcional y verificar la pertinencia de la aplicación de la presente guía metodológica.

Para asegurar una correcta identificación del riesgo en la unidad funcional se deben abordar los siguientes pasos:

- a) **Identificación de la Unidad Funcional**, que consiste en caracterizar el área de emplazamiento del proyecto y su entorno inmediato, así como también a sus características físicas que determinen el correcto funcionamiento del bien y/o servicio que busca brindar el proyecto.
- b) **Análisis de Exposición a Amenazas**, corresponde a la identificación de amenazas presentes en la unidad funcional, mediante la aplicación de herramientas de información geográfica y un cuestionario.
- c) **Identificación del Área Afectada**, corresponde a la intersección entre la unidad funcional y la zona afectada por amenazas.

Como resultado de este diagnóstico se determina la necesidad de efectuar la cuantificación del índice de riesgo de desastres.

a) Identificación de la unidad funcional

La unidad funcional es un componente del área de estudio, y corresponde a la infraestructura junto con su entorno inmediato (calles de acceso y ubicación de transporte público), así como también a sus características físicas que determinen el correcto funcionamiento del bien y/o servicio que busca brindar el proyecto en términos de continuidad, calidad y cantidad. Implica su entorno inmediato, específicamente a su área de ubicación y los terrenos aledaños a él, considerando calles de acceso y ubicación de transporte público que especificarán los puntos desde dónde accederá la población objetivo (Ver Figura N°9).

Figura N° 9. Componentes del área de estudio



Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

El **área de estudio** tiene por propósito ser la unidad de análisis a nivel territorial. En este sentido, el área de estudio sigue los mismos principios que los expuestos en la [Metodología General de Formulación y Evaluación de Proyectos](#). Cuando el área de estudio presente un entorno expuesto a alguna amenaza, esto debe ser destacado como características propias del entorno.

Para determinar la **unidad funcional** de un proyecto, el formulador debe visualizar, a nivel territorial, el funcionamiento del proyecto como un todo, considerando cuál es el producto final a ser entregado y el beneficiario de este bien y/o servicio. Por ejemplo, para un proyecto de agua potable rural (APR), el producto final corresponde a "agua potabilizada" entregada directamente por medio de la red de distribución que conecta los arranques o puntos de entrega de agua en la propiedad de los beneficiarios, donde la infraestructura del proyecto corresponde a la de extracción y potabilización de agua, sumado a la red de distribución, que concluye en los puntos de arranque de cada beneficiario.

La unidad funcional podrá variar dependiendo de las vías de acceso, cuando se trata de un área urbana. Por ejemplo, en la siguiente imagen (Imagen N° 1), se identifica en el polígono rojo el área de emplazamiento de la alternativa de solución del gimnasio municipal de Juan Fernández, con una superficie de 11.623 metros cuadrados, donde se pretende situar el centro náutico, sala de máquinas, cancha pasto sintético y multicancha. El emplazamiento colinda con las calles Alcalde Larraín, Dresden y Robinson Crusoe, las cuales presentan acceso vehicular directo al emplazamiento, correspondiendo a la unidad funcional del proyecto, ya que corresponde al entorno inmediato del proyecto. Además, se destaca que el emplazamiento está situado a 16,6 metros de la costa, 119 metros del cerro y a 400 metros de la locomoción marítima.

Imagen N°1. Unidad Funcional del proyecto



Fuente: Google Earth, Isla Robinson Crusoe.

La unidad funcional corresponderá a la sumatoria entre la superficie de emplazamiento del proyecto con todos sus componentes junto con su entorno inmediato. No obstante, para para

efectos de la aplicación de la Metodología RD, se podrá efectuar el análisis y evaluación de riesgo por componente, específicamente en proyectos que contemplan varios componentes de obras civiles.

b) [Análisis de exposición a amenazas](#)

El análisis de exposición del proyecto tiene por objetivo reconocer el conjunto de zonas que pueden ser afectadas por amenazas. A continuación, se indican las herramientas y métodos que permiten su identificación.

b.1) [Visor web Chile preparado: Identificación amenaza por Tsunami, erupciones volcánicas e incendios forestales](#)

Para este análisis, se debe visualizar las amenazas a nivel territorial mediante la aplicación del **Visor Web Chile Preparado**⁸, herramienta elaborada por la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI) que permite conocer la superficie de exposición frente a las amenazas por tsunamis, erupciones volcánicas e incendios forestales (Ver Imagen N° 2).

Esta herramienta permite visualizar el territorio, el entorno y topografía, así como también elementos relativos a los planes de evacuación costera, como puntos de encuentros, vías de evacuación y línea de seguridad.

Las fuentes de información utilizadas por el Visor Web “Chile Preparados” son:

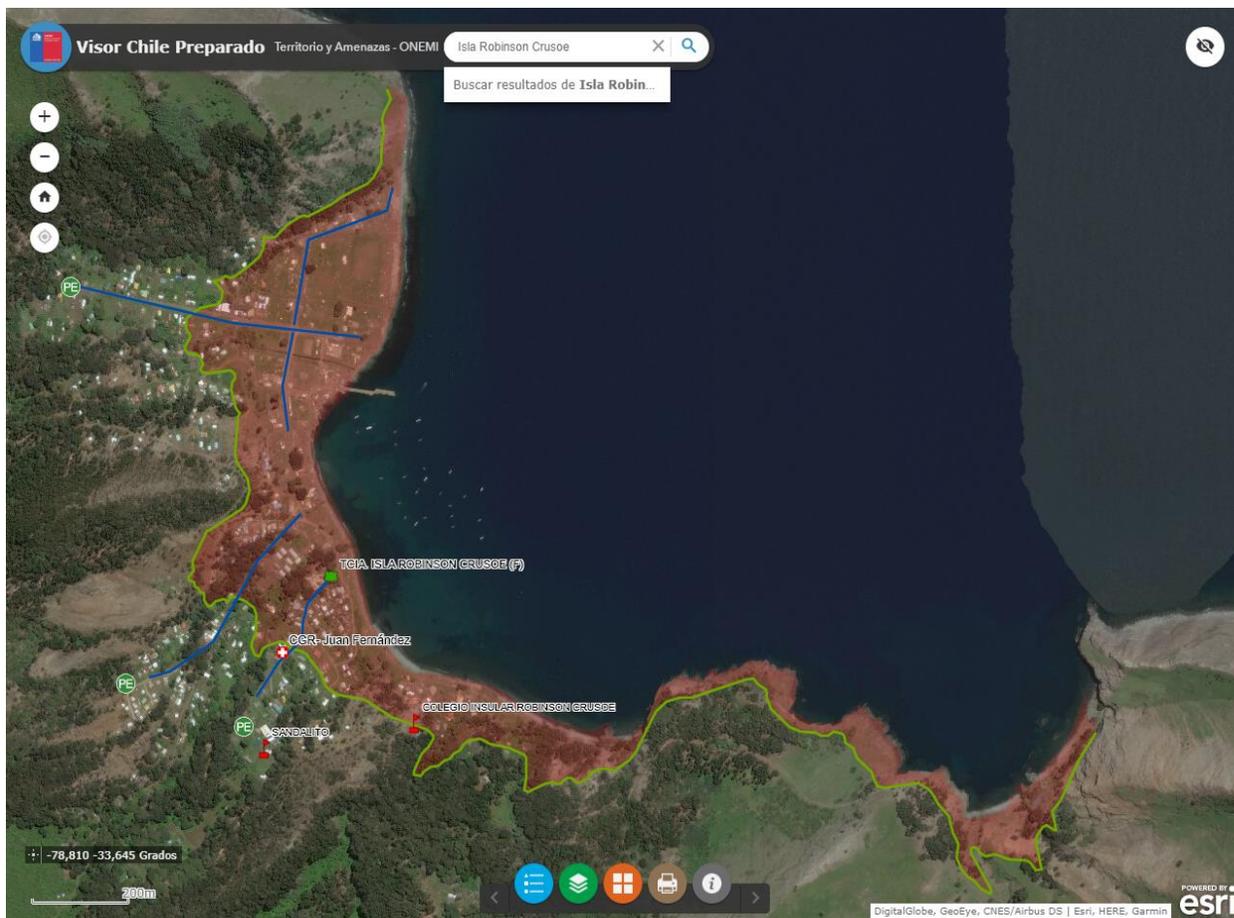
- ✓ Para amenazas volcánica: Estudio de Peligro Volcánicos de Chile, escala 1:2.000.000, año 2011 y Planos Específicos de Peligros Volcánicos. SERNAGEOMIN.
- ✓ Para la amenaza de tsunami:
 - Cota 30: Instituto Geográfico Militar y Planos Marítimos Costeros de la Subsecretaría para Fuerzas Armadas
 - Áreas de evacuación costera: Recopilación de Plano de evacuación de municipios costeros.

⁸ www.onemi.cl/visor-chile-preparado

- ✓ Para amenazas de incendios forestales: Estadísticas de densidad de ocurrencia de incendios forestales 2011-2015, CONAF.

Para acceder a esta herramienta se debe ingresar al siguiente link: www.onemi.cl/visor-chile-preparado y seguir las indicaciones que se señalan en el sitio web.

Imagen N°2. Identificación de amenazas del territorio: Amenaza por tsunami: Cota 30 metros



Fuente: ONEMI (2019).

b.2) Cuestionario: Identificación de otras amenazas

Adicional al análisis anterior, se debe aplicar un cuestionario que corresponde a una herramienta complementaria que determina de manera cualitativa la exposición a las amenazas que el visor web no registra, tales como marejadas, lluvia intensa, inundaciones, derrumbes, aluviones, existencia de fallas geológicamente activas o potencialmente activas, procesos de subsidencia o licuefacción del suelo, mala calidad o inestabilidad del suelo (Ver Anexo N°5).

El cuestionario da una visión general de la existencia de amenazas sobre la unidad funcional, permitiendo detectar aquellos aspectos que hacen que un proyecto sea susceptible a desastres.

En caso de identificar exposición potencial por existencia de amenazas a inundación por tsunami, erupciones volcánicas, remoción en masa o incendios forestales en la unidad funcional, ya sea a través del Visor Web Chile reparado o por medio del cuestionario, entonces será necesario continuar con el proceso de evaluación de riesgo.

c) [Identificación del área total afectada](#)

El **área total afectada** corresponde a la intersección entre la unidad funcional y la zona expuesta a amenazas.

Cuando la unidad funcional esté en una zona expuesta a amenazas, entonces debe efectuarse la evaluación de riesgo.

Imagen N° 3. Identificación del área total afectada: Amenaza por tsunami: Cota 30 metros



Fuente: ONEMI (2019).

Para el caso de proyectos en redes, tales como redes de caminos y redes de agua potable deben ser identificados previamente las secciones o sectores donde el proyecto se vea amenazado, y se debe cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres del área expuesta a amenazas. Mientras que proyectos que involucren incremento de resiliencia de un barrio o de un territorio, el análisis deberá considerar la exposición de las manzanas de viviendas o predios como emplazamiento, mientras que la unidad funcional corresponderá a su entorno inmediato y accesos (ver Imagen N°4).

Imagen N°4. Emplazamiento u unidad funcional del Barrio Juan González Huerta – Alianza, Comuna de Talcahuano, Región del Biobío.



Fuente: Ubicación Talcahuano, Google Earth.

4.3.2 ETAPA 2. CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE DESASTRES SIN MEDIDA DE GESTIÓN DE RIESGO

En esta etapa el formulador deberá cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres asociado a cada alternativa de solución del proyecto. La **cuantificación de riesgo** corresponde a una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (UNISDR, 2009).

La **cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres sin medidas de gestión** consiste en valorar, de acuerdo con una escala preestablecida, el grado de exposición a cada amenaza, vulnerabilidad y resiliencia de la unidad funcional del proyecto.

Esta metodología considera la evaluación de cuatro tipos de amenazas. Cada una de las amenazas debe ser analizada en conjunto con los determinantes de vulnerabilidad y resiliencia del proyecto y su entorno, con el propósito de obtener un puntaje total que incorpore todos los factores del riesgo de desastres (Ver Figura N°1).

La determinación del nivel total de riesgo estará dada por la aplicación fórmula señalada en Fórmula N°1.

Todos los proyectos de infraestructura pública que evalúen el riesgo de desastre deben considerar la evaluación de los factores de amenazas y vulnerabilidad y resiliencia. Para facilitar la estimación del nivel de riesgo, se cuenta con planillas Excel desarrolladas para estos efectos. Las escalas para valorar los factores que determinan los niveles de exposición, vulnerabilidad y resiliencia se detallan en el Anexo N° 4.

a) **Exposición por tipo de amenaza (e_a)**

La exposición por tipo de amenaza se evaluará en una escala de 0 a 1, en función de los factores que inciden en su intensidad, según modelo desarrollado para esta metodología mediante el método multicriterio (ver modelo completo en Anexo N°4).

a.1) Inundación por Tsunamis

Todas las zonas costeras del mundo pueden ser afectadas por tsunamis, pero dada la extensión de las costas de Chile, nuestro país está particularmente expuesto a esta amenaza. También es factible que sismos en latitudes y/o longitudes opuestas puedan generar tsunamis que afecten las costas chilenas. Por ejemplo, si se produce un sismo con características de terremoto en Japón, es probable que un tsunami afecte la costa chilena.

El único factor determinante para evaluar la exposición a inundaciones por tsunami corresponde a altura de inundación.

i Altura de inundación

Corresponde a la “diferencia entre la superficie libre del fluido en cada punto durante el evento y el nivel de referencia de éste relevante al tsunami. Se mide en cualquier punto dentro del área de inundación” (SHOA, 2015).

La altura de inundación deberá ser calificada en los niveles “Muy Alto”, “Alto”, “Medio” y “Bajo”, según escala de valoración detallada en el documento suplementario “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública”.

Para identificar la altura de inundación, el formulador deberá verificar si la unidad funcional del proyecto se encuentra dentro de la zona de peligro, utilizando como primera fuente el **Plan Regulador Comunal**, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, para proyectos localizados en zona urbana. Cuando no estén señaladas las zonas de peligro a inundación por tsunami en el Plan Regulador Comunal, entonces el formulador deberá verificar en las cartas de inundación por tsunami (CITSU) elaboradas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Las cartas de inundación se encuentran disponibles en el siguiente sitio web: <http://www.shoa.cl/nuestros-servicios/tsunami>.

Para la toma de decisiones, en cuanto al grado de exposición, el formulador deberá considerar el peor escenario de las herramientas disponibles.

Finalmente, cuando la localización del proyecto no disponga de zonas de riesgo detalladas en el Plan Regulador o de cartas de inundación por tsunamis (CITSU), y el proyecto se sitúe bajo la cota 30, se deberá calificar la exposición al riesgo por tsunamis con nivel “muy alto”.

a.2) Erupciones volcánicas

Las erupciones volcánicas corresponden al “proceso durante el cual los productos volcánicos (sólidos, líquidos y/o gases) llegan a la superficie y la atmósfera terrestres. Las erupciones pueden ser efusivas o explosivas y pueden tipificarse de acuerdo con su envergadura considerando la magnitud o el Índice de Explosividad Volcánica” (ONEMI, 2016).

Para identificar la existencia de esta amenaza, el formulador deberá verificar si la unidad funcional del proyecto se encuentra dentro de la zona de peligro utilizando el Plan Regulador Comunal, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, para proyectos emplazados en zona urbana. Cuando no estén señaladas las zonas de riesgo a erupciones volcánicas en el Plan Regulador Comunal, entonces el formulador deberá verificar en los mapas de amenaza o peligro volcánico elaborados por SERNAGEOMIN, disponibles en el Visor GEOMIN. Estos mapas están disponibles en el siguiente sitio web: <http://portalgeo.sernageomin.cl/Visor/>.

Los factores determinantes de la exposición a erupciones volcánicas son los siguientes: Flujo Volcánico y Caída de Piroclastos.

i Flujo Volcánico

Se deberá determinar si la unidad funcional está en zona de peligro por alcance de flujo volcánico producto de una erupción volcánica.

El flujo volcánico está compuesto por flujos de lavas, lahares y piroclastos, donde el flujo de lava corresponde por una parte al “magma que alcanza la superficie terrestre sin fragmentarse durante una erupción volcánica. El término se aplica tanto al material líquido que se expulsa durante la erupción como al material ya frío y solidificado” (ONEMI, 2016); el flujo de lahares corresponde al “flujo formado por una gran descarga de fragmentos volcánicos frescos, cuyo agente de transporte es el agua. Se puede formar por fusión repentina de hielo y/o nieve durante una erupción o por el arrastre de material no

consolidado en las laderas de un volcán durante lluvias torrenciales. Se desplazan por los cauces que descienden de un edificio volcánico, a velocidades que pueden alcanzar los 80 km/h.” (ONEMI, 2016); el flujo piroclástico se refiere a “Nube o corriente densa formada por piroclásticos (de tamaño variable, de milímetros a varios metros) y gases, que se desplaza por gravedad por las laderas de un volcán principalmente a lo largo de depresiones. Se caracteriza por su alta temperatura (decenas a centenas de °C) y alta velocidad (100-500 km/h), siendo altamente destructiva. La mayoría se origina por el colapso de una columna eruptiva explosiva, densa y cargada de partículas incandescentes, pero también por colapso y/o explosión de domos o lavas viscosas, los que se denominan flujos de bloques y ceniza” (ONEMI, 2016).

La exposición a flujo volcánico deberá ser calificada en los niveles “Muy Alto”, “Alto”, “Moderado” y “Bajo”, en los subfactores lavas, lahares y flujos piroclásticos, según escala de valoración detallada el Anexo N°4.

ii Caída de Piroclastos

Se deberá determinar si la unidad funcional está en zona de peligro por caída de piroclastos producto de una erupción volcánica.

El peligro de caída de piroclastos corresponde a “Lluvia de piroclastos sobre la superficie desde columnas eruptivas y penachos volcánicos. El depósito resultante puede provocar caída de techos y daños severos a la flora y fauna en localidades cercanas, así como efectos en la agricultura y aeronavegación en zonas alejadas. La ceniza más fina puede ascender a las capas superiores de la atmósfera y se transportada miles de kilómetros. En el caso de grandes erupciones explosivas, puede eventualmente producirse enfriamiento de la superficie terrestre (por la interacción de aerosoles volcánicos y radiación solar) y forzar cambios en el sistema climático. Depósito de: Acumulación de piroclastos de caída. Se reconocen por formar capas de bordes nítidos y espesor constante, en cuyo interior los fragmentos piroclásticos poseen similar tamaño entre sí” (ONEMI, 2016).

La exposición a caída de piroclastos deberá ser calificada en los niveles “Existe” y “No existe”, en los subfactores piroclastos balísticos y acumulación de piroclastos, según escala de valoración detallada el Anexo N°4. Finalmente, el puntaje de la exposición para la

amenaza erupciones volcánicas, se calculará ponderando cada uno de los subfactores señalados:

Fórmula N° 2. Exposición a amenaza por erupciones volcánicas

$$E_{er.volcánica} = \sum_{1}^{5} Fi * PSFi$$

Donde,

Fi = Puntaje subfactor i, donde i= lavas, lahares, flujos piroclásticos, piroclastos balísticos y acumulación de piroclastos.

PFi = Ponderador subfactor i, indicado en modelo multicriterio.

a.3) Remoción en Masa por Flujos

Corresponde al movimiento descendente por efectos de la gravedad de un volumen de material constituido por suelo, roca, detrito (fragmento de roca), nieve, o su combinación. A mayor abundamiento, puede hablarse de remoción en masa para aludir a todo movimiento descendente de material de la corteza terrestre. Por ejemplo: deslizamiento, aluvión, alud, etc. (Sernageomin, 2017).

“Los **flujos** corresponden al tipo de remoción en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido, pero que en principio se origina en otro movimiento como un deslizamiento o caída. Hungr et al. (2001) los clasifica de acuerdo con el tipo y las propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles. Los principales tipos de flujo son: flujo de detritos, flujo de barro, flujo de tierra, flujo seco, flujo de origen volcánico, entre otros, dependiendo de la cantidad de agua y material involucrados.” (ONEMI, 2018)

Esta amenaza puede, en la mayoría de los casos, ser causada por una combinación de sucesos y potenciada, por ejemplo, por la intensidad de lluvias; las características geofísicas del territorio determinarán si una zona en particular es propensa o no a la ocurrencia de remoción en masa.

Para el análisis se deberá revisar información territorial disponible sobre el grado de exposición de la amenaza, a través del plan regulador comunal vigente, disponible en el sitio web del Ministerio de Vivienda y Urbanismo; y en los mapas de peligros geológicos y ordenamiento territorial de SERNAGEOMIN.

Para la toma de decisiones, en cuanto al grado de exposición, el formulador deberá considerar el peor escenario de las herramientas disponibles.

Los factores a considerar para medir la exposición a remoción en masa por flujos, son los siguientes: Condicionantes de Generación, Área de Alcance. Sin embargo, cada factor representará una exposición en sí misma, debiendo ser evaluados en forma separada. Eso es debido a que cada evento de remoción en masa es el resultado de una combinación aleatoria de Condicionantes de Generación (variables, externos, generalmente asociados al clima local y eventos sísmicos o acciones antrópicas) y Área de Alcance (estables, intrínsecos, constitutivos del medio).

i Condicionantes de Generación

Este factor tiene por propósito dimensionar el peligro de variables externas, generalmente asociados al clima local y eventos sísmicos o acciones antrópicas.

Los factores desencadenantes o condicionantes de generación son aquellos que inician el movimiento y que dan origen al proceso de remoción en masa. "Estos factores son agentes externos, en algunos casos relacionados indirectamente con las características geológicas, geomorfológicas y/o antrópicas del área, pero que, por lo general, se originan por las condiciones medio-ambientales en un periodo de tiempo definido." (ONEMI, 2018)

Los subfactores de condicionantes de generación relacionados son: Pendiente de Ladera, Coeficiente de Escorrentía, Suelo de Fundación; los que deberán ser valorados según escala de valoración detallada en el Anexo N°4.

El puntaje de la exposición para la amenaza remoción en masa por condicionantes de generación se calcula ponderando cada uno de los subfactores señalados.

Fórmula N° 3. Exposición a amenaza por remoción en masa por condicionantes de generación

$$E^{CG}_{rem.en\ masa} = \sum_{1}^{3} SF_i * PSF_i$$

Donde:

$E^{CG}_{rem.en\ masa}$ = Exposición remoción en masa por condicionantes de generación

SF_i = Puntaje subfactor i, donde i= pendiente de ladera, coeficiente de escorrentía, suelo de fundación.

PSF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio)

ii Área de Alcance

El factor tiene por propósito determinar la influencia de aspectos estables, intrínsecos, constitutivos del medio que puedan afectar el grado de peligro de remoción en masa en una unidad funcional.

El área de alcance está determinada por la influencia de los condicionantes de generación del proceso de remoción en el territorio.

Los subfactores relacionados son: Localización del terreno, Distancia respecto a Taludes, Intervención del Cauce.

La escala de valoración de cada factor para Remoción en Masa por Flujos está detallada en el Anexo N°4.

El puntaje de la exposición para la amenaza remoción en masa por área de alcance se calcula ponderando cada uno de los subfactores señalados.

Fórmula N° 4. Exposición a amenaza por remoción en masa por área de alcance

$$E_{rem.en\ masa} = \sum_{1}^{3} SFi * PSFi$$

Donde:

$E_{rem.en\ masa}^{AA}$ = Exposición remoción en masa por área de alcance

SFi = Puntaje subfactor i, donde i= Localización del terreno, Distancia respecto a Taludes, Intervención del Cauce.

PSFi = Ponderador subfactor i, (indicado en modelo multicriterio)

a.4) Incendios Forestales

Corresponden a fuego que se propaga sin control a través de vegetación rural o urbana y pone en peligro a las personas, los bienes y/o el medio ambiente.

La medición del grado de exposición de incendios forestales está basada en los factores asociados a la pendiente, área de afectación y tipo de masa combustible, los cuales deben ser analizados en el contexto de la unidad funcional del proyecto.

El comportamiento del fuego en un incendio forestal está regulado por la topografía, tiempo atmosférico y combustible, donde este último corresponde a la vegetación. En este contexto, el grado de exposición a incendios forestales estará determinado por los siguientes factores: Área de Afectación, Pendiente y Masa Combustible.

La estimación de la exposición a Incendios Forestales deberá efectuarse utilizando la siguiente ecuación:

Fórmula N° 5. Exposición a amenaza por incendios forestales

$$E_{\text{Incendios Forestales}} = \text{MAX} [M_c * (1 - D_c * \text{Coseno}(P_c))]^9$$

Donde,

$E_{\text{Incendios Forestales}}$ = Exposición a Incendios Forestales

M_c = Masa combustible de celda c, donde c= 1 hasta m, siendo m el número de celdas en que se divide el área afectada para efectos de análisis.

D_c =Distancia desde el proyecto al centro de la celda c, donde c= 1 hasta m.

P_c = Pendiente de la celda c, donde c= 1 hasta m.

c= Celda de superficie cuadrada de 50 metros por 50 metros.

i Área de Afectación

El área por evaluar corresponde al radio considerando desde el borde del proyecto hasta una distancia de 100 metros a la redonda. Para efectuar esta medición, se deberá subdividir el área a la redonda en celdas de 50 metros por 50 metros, con el fin de determinar la exposición a la amenaza de incendios forestales según las características del área circundante o que rodea al proyecto.

ii Pendiente

La intensidad de los incendios forestales se ve incrementada cuando la topografía incrementa su pendiente, por ejemplo, en una ladera, debido a que a medida que avanza el incendio, la vegetación comienza a secarse en los tramos superiores, facilitando la expansión del incendio; especialmente en zonas de quebradas, donde el viento circula con

⁹ Fórmula propuesta por el Sr. Claudio Garuti y trabajada con la mesa de trabajo de protección civil de Incendios Forestales.

mayor intensidad, la expansión del incendio puede alcanzar áreas mayores en un menor tiempo.

iii Cobertura Vegetal

Se deberá caracterizar la zona defendible para determinar la susceptibilidad a la propagación de incendios en la unidad funcional.

Los incendios forestales son más intensos dependiendo de la cobertura vegetal próxima, en el área expuesta. La masa combustible podrá contener distintos tipos, tales como: Casas de material ligero, bosque nativo, basural, pastizal, plantación forestal, matorral o desecho forestal. Se deberá cuantificar la presencia de estos tipos de masas combustibles, evaluando aquella de mayor predominancia dentro de cada área de celda de 50 por 50 metros.

La escala de valoración de cada factor para Incendios Forestales de los distintos tipos de cobertura vegetal está detallada el Anexo N°4.

b) Factores de vulnerabilidad y resiliencia

La **vulnerabilidad** se relaciona con la **intensidad** del daño que puede causar un desastre, tanto en la infraestructura como a la población a la cual ésta brinda servicios, dependiendo de las condiciones demográficas, sociales y económicas propias de su emplazamiento. Es decir, la vulnerabilidad eventualmente podría potenciar o intensificar el efecto de la exposición a las amenazas en el territorio.

Evidentemente, si la infraestructura no corre un riesgo significativo de daños por desastres, entonces el análisis de vulnerabilidad se vuelve prescindible.

Por otra parte, **la resiliencia** se relaciona con la capacidad y habilidad de recuperación ante la ocurrencia de un evento catastrófico. Es decir, la resiliencia podría tener un efecto de reducir el impacto de las amenazas en el territorio.

El análisis de vulnerabilidad y resiliencia deberá ser aplicado adicionalmente, cuando la unidad funcional del proyecto se vea afectada por alguna amenaza, considerando los siguientes ámbitos, factores y subfactores:

Tabla N°10. Factores y subfactores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Ámbito	Factor	Subfactor
Vulnerabilidad	a) Vulnerabilidad Física	i. Estructura Principal
		ii. Estado Actual
		iii. Plan de Mantenimiento
	b) Vulnerabilidad Funcional	i. Criticidad del servicio
		ii. Incidencia en la economía local
	c) Vulnerabilidad Social	i. Grupo etario vulnerable predominante
		ii. Grado de dependencia física predominante
		iii. Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio
		iv. Pobreza por Ingresos
		v. Pobreza Multidimensional
Resiliencia	a) Capacidad Física dentro y fuera del emplazamiento	i. Instalaciones de protección y/o mitigación del proyecto, dentro del emplazamiento del proyecto
		ii. Obras existentes de protección y/o mitigación, fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.
	b) Resiliencia Funcional	i. Plan de Continuidad Operacional
		ii. Autonomía de la red de los servicios básicos
		iii. Conectividad al servicio
		iv. Redundancia del sistema o servicio
	c) Resiliencia Social a Nivel Local	i. Plan de emergencia o Plan de Gestión de riesgo

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

La base conceptual utilizada para las definiciones de vulnerabilidad y resiliencia de esta metodología están detalladas en el Anexo N°6.

b.1) Vulnerabilidad

Vulnerabilidad contempla todos los factores que hacen que el proyecto sea susceptible a alguna amenaza, y está determinada por sus propias características físicas, estado actual y grado de mantenimiento de la infraestructura, sumado a la criticidad de las instalaciones del proyecto en cuanto al servicio que presta y el tamaño de la población que pueda ser afectada.

Por lo tanto, vulnerabilidad estaría condicionada por los siguientes factores: Vulnerabilidad Física, Vulnerabilidad Funcional, Vulnerabilidad Social.

i Vulnerabilidad Física

La valoración de la vulnerabilidad física tiene por propósito determinar la susceptibilidad física de las instalaciones del proyecto en presencia de alguna amenaza, considerando sus características de la materialidad estructural y del revestimiento, su plan de mantenimiento y el estado actual de la obra, en caso de proyectos de mejoramiento y ampliación.

Los subfactores relacionados son: Estructura Principal, Estado Actual, Plan de Mantenimiento.

ii Vulnerabilidad Funcional

La valoración de la vulnerabilidad funcional tiene por propósito determinar el grado de importancia de mantener continuidad operacional de los bienes y servicios, según la criticidad del servicio que entregará el proyecto y el grado de incidencia en la economía local.

Los subfactores relacionados son: Criticidad del Servicio, Incidencia en la Economía Local.

iii Vulnerabilidad Social

La valoración de la vulnerabilidad social tiene por propósito determinar el grado de susceptibilidad de la población objetivo que podría ser afectada por un evento catastrófico y, que vería mermado su acceso a servicios públicos, por características propias, considerando aspectos demográficos, grado de dependencia física, entre otros.

Los subfactores relacionados son: Grupos etarios vulnerables predominantes, Dependencia Física Predominante de la población, Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio, pobreza por ingresos y pobreza multidimensional.

La vulnerabilidad para cada amenaza se cuantificará a partir de la siguiente función:

Fórmula N° 6. Vulnerabilidad según amenaza

$$V_{ai} = \sum_{i=1}^{i=3} Vf_{ai} * PSF_{ai} + \sum_{i=1}^{i=3} Vfu_{ai} * PSF_{ai} + \sum_{i=1}^{i=4} Vs_{ai} * PSF_{ai}$$

Donde:

Vf_{ai} = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad física frente a amenaza a y subfactor i, donde a = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; i=Estructura, estado actual, plan de mantenimiento.

Vfu_a = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad funcional frente a amenaza a y subfactor i, donde a = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; i=Criticidad del servicio, incidencia en la economía local.

Vs_a = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad funcional frente a amenaza a y subfactor i, donde a = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; i= Grupos etarios vulnerables predominantes, Dependencia Física Predominante de la población, Población potencialmente afectada por la interrupción del servicio, Pobreza por ingresos, Pobreza multidimensional.

PF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio)

La valoración de cada uno de los subfactores señalados deberá realizarse según escala de valoración detallada en el Anexo N°4.

b.2) Resiliencia

La resiliencia corresponde a la capacidad de restablecer, recuperar o reponer el bien y/o servicio entregado por el proyecto a la población objetivo. Por lo anterior, para la

cuantificación de la resiliencia a cabalidad, el formulador deberá valorizar la capacidad de reponer, sustituir, mantener el servicio y actividades económicas productivas.

La resiliencia está condicionada por los siguientes factores: Capacidad Física dentro y fuera del Emplazamiento, Resiliencia Funcional, Resiliencia Social a Nivel Local.

i Resiliencia Física

La valoración de la resiliencia física tiene por propósito determinar la capacidad física dentro y fuera del área de emplazamiento, considerando las instalaciones de protección y mitigación, además de los aspectos del diseño que permitirán aminorar el efecto durante y posterior a una catástrofe, en término de entrega de bienes y servicios.

Los subfactores relacionados son: Instalaciones de Protección, Mitigación o Adaptación dentro del Emplazamiento del Proyecto; Obras Existentes de Protección y/o Mitigación fuera del Emplazamiento del Proyecto para la misma Amenaza. Estos deberán ser valorados según escala de valoración detallada en el Anexo N°4.

ii Resiliencia Funcional

La valoración de la resiliencia funcional tiene por propósito determinar la capacidad de absorber la demanda durante y posterior a una catástrofe, dando continuidad operacional y capacidad de reponer en corto tiempo, a través de la implementación de planes de continuidad operacional, de asegurar el funcionamiento de servicios básicos a través de instalaciones de emergencia, características de conectividad al proyecto y la propia redundancia del servicio.

Los subfactores relacionados son: Plan de Continuidad Operacional, Autonomía de la Red de Servicios Básicos (Lifelines), Conectividad al Servicio, Redundancia del Sistema o Servicio, los que deberán ser valorados según escala de valoración detallada en el Anexo N°4.

iii Resiliencia Territorial

La valoración de la resiliencia territorial tiene por propósito determinar la capacidad institucional de reacción durante y posterior a una catástrofe a nivel local o comunal.

El subfactor relacionado es: Plan de emergencia o Plan de Gestión de Riesgo, el cual deberá según escala de valoración detallada en el Anexo N°4.

Finalmente, la resiliencia para cada amenaza se cuantificará a partir de la siguiente función:

Fórmula N° 7. Resiliencia para cada amenaza

$$Re_{ai} = \sum_{i=1}^{i=2} Ref_{ai} * PSF_{ai} + \sum_{i=1}^{i=4} Refu_{ai} * PF_{ai} + Ret_{ai} * PF_{ai}$$

Dónde:

Ref_{ai} = Puntaje estimado para la resiliencia física frente a amenaza **a** y subfactor **i**, donde **a** = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; **i** = Instalaciones de Protección, Mitigación o Adaptación dentro del Emplazamiento del Proyecto; Obras Existentes de Protección y/o Mitigación fuera del Emplazamiento del Proyecto para la misma Amenaza.

$Refu_{ai}$ = Puntaje estimado para la resiliencia funcional frente a amenaza **a** y subfactor **i**, donde **a** = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; **i** = Plan de Continuidad Operacional, Autonomía de Servicios Básicos, Conectividad al Servicio, Redundancia del Sistema o Servicio.

Ret_a = Puntaje estimado para la resiliencia social frente a amenaza **a** y subfactor **i**, donde **a** = Tsunami, Erupciones Volcánicas, Remoción en Masa, Incendios Forestales; **i** = Plan de Emergencia o Plan de Gestión de Riesgo.

PSF_i = Ponderador subfactor **i**

c) Cuantificación Total del Índice de Riesgo de Desastres

La estimación del índice de riesgo de desastres se obtiene a través de la agregación de los puntajes obtenidos en la etapa anterior, asociados a exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia del proyecto y su entorno.

A través de la aplicación del enfoque multicriterio se estimaron los ponderadores y escalas para determinar y cuantificar la exposición a amenazas, vulnerabilidad y resiliencia del proyecto.

El resultado de esta evaluación permite comparar la situación sin medidas de gestión de reducción de riesgos con la situación con medidas de gestión y, seleccionar la alternativa más conveniente, que permita disminuir el riesgo al máximo tolerable de la manera más eficiente.

Para facilitar la Evaluación de Riesgo, el formulador del proyecto podrá hacer uso de un formulario Excel, para obtener de manera rápida el puntaje del índice de riesgo de desastre del proyecto en su condición original o sin medidas de gestión (Ver Anexo N°6).

4.3.3 ETAPA 3. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO

La **Identificación de las Medidas de Gestión**, que corresponde a la caracterización de las medidas de reducción de riesgo que permiten disminuir el nivel de riesgo del proyecto al nivel máximo tolerable o umbral. Para asegurar la efectiva identificación de medidas de gestión de riesgo se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo del proyecto
- b) Identificación de medidas de gestión de riesgo
- c) Configuración de alternativa de medida de gestión

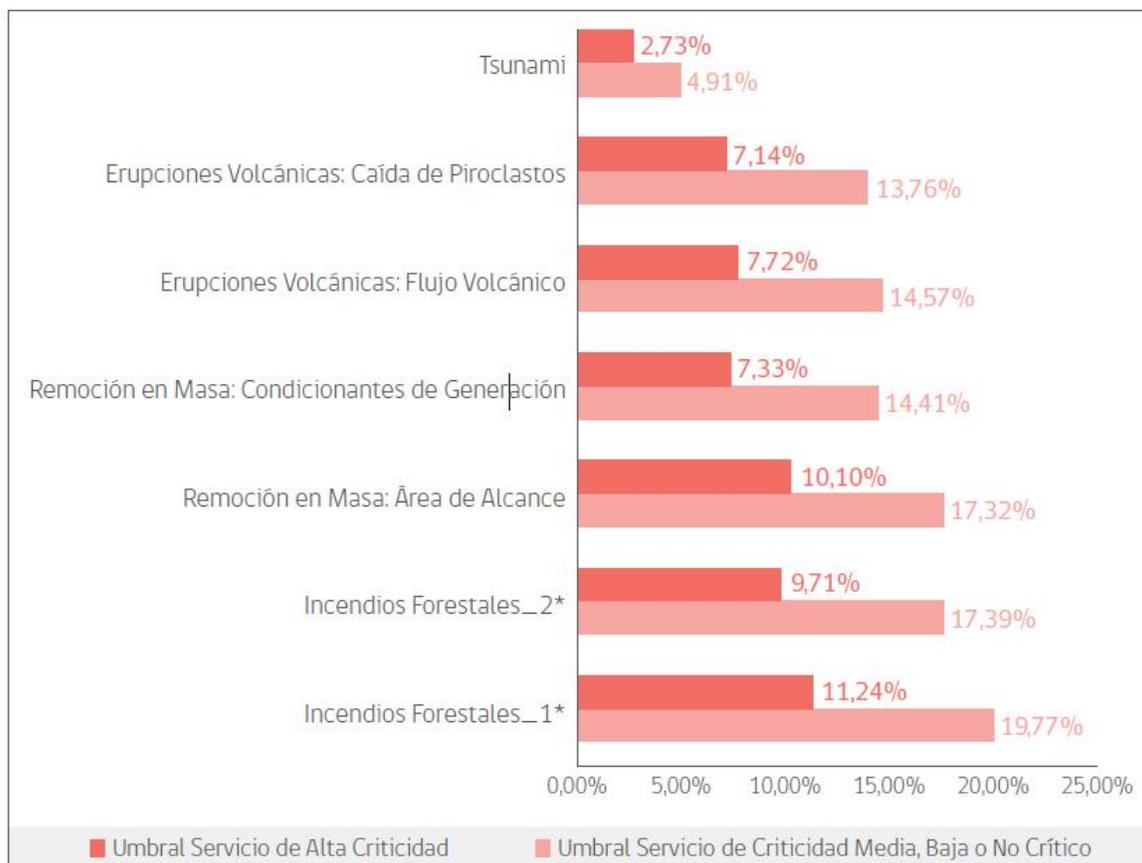
a) Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo

El nivel de tolerancia máximo del proyecto indica el máximo riesgo que debería tener el proyecto.

Cuando un proyecto presenta un índice de riesgo de desastres menor al nivel de tolerancia o umbral, entonces no será necesario implementar medidas de gestión para la reducción del riesgo. Al contrario, cuando un proyecto supere el nivel de tolerancia o umbral, se deben identificar medidas de gestión para reducir los factores y subfactores críticos que superan el umbral y, seleccionar la alternativa de medida de gestión más conveniente en términos de costo.

El nivel de **máxima tolerancia o umbral** está **determinado según amenaza y criticidad del servicio**, por lo tanto, los proyectos de infraestructura pública que se vean expuestos a amenazas no deberán superar los siguientes umbrales:

Figura N° 10. Máximo nivel de tolerancia



Incendios Forestales_1* Corresponde a los umbrales para las celdas con masa combustible Casas material ligero, Bosque Nativo o Pastizal.

Incendios Forestales_2* Corresponde a los umbrales para las celdas con masa combustible Plantación, Matorral, Desecho Forestal o Basural.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

Cuando las alternativas de solución del proyecto presenten un nivel de riesgo superior al umbral, entonces deberá identificar las alternativas de medida de gestión de reducción de riesgo, y evaluar posteriormente, la alternativa de solución de proyecto más conveniente.

b) Identificación de medidas de gestión

La formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI en etapa de pre-inversión, identifican alternativas de solución al problema que identificado en el diagnóstico y que se pretende mediante un proyecto de inversión. Cada una de las alternativas de solución planteadas deberá cuantificar su nivel de riesgo. Solo para las alternativas de solución que presenten un nivel de riesgo superior al nivel de tolerancia, se deberá identificar los factores que influyen mayormente en el nivel de riesgo (según los resultados de la evaluación), con el propósito de abordar asertivamente el planteamiento de medidas de gestión para la reducción del riesgo del proyecto.

Conociendo el riesgo asociado a un proyecto, se plantean medidas o acciones para disminuir la exposición a amenazas y vulnerabilidad e incrementar su resiliencia.

Recurrentemente, podrán existir varias alternativas para disminuir el riesgo, siendo importante identificarlas para luego seleccionar la más conveniente en términos socioeconómicos. La siguiente figura indica las medidas de gestión del riesgo existentes para un proyecto de infraestructura.

La totalidad de las opciones de reducción de riesgo, exceptuando la transferencia del riesgo, buscan reducir los daños físicos, impacto en el servicio, ambiente y comunidades producto de situaciones de emergencia que afecten a la infraestructura.

Reducir el riesgo mediante transferencia (seguros) no disminuirá los daños y consecuencias de una infraestructura afectada por un desastre, sin embargo, se permitirá:

- ✓ Cumplir con los niveles e indicadores de desempeño relacionados con la pérdida de capital, rentabilidad y costos adicionales.
- ✓ Asegurar liquidez financiera para asumir las acciones de recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

Para la **reducción del riesgo de desastres** se pueden implementar medidas asociadas a la **adaptación de la infraestructura**, es decir, adaptar el diseño arquitectónico con el fin disminuir el riesgo. También, se pueden adoptar **medidas de mitigación**, relacionadas con infraestructuras anexas en cuanto al diseño, tamaño y localización, que en conjunto con el proyecto permitirán disminuir el riesgo asociado a desastres. Por otra parte, los **planes de**

contingencia son planes preventivos asociados a manejar situaciones de emergencia. Finalmente, un **plan de relocalización** consiste en buscar una mejor localización del proyecto y así disminuir la exposición a la amenaza y, por lo tanto, el riesgo.

Figura N° 11. Medidas de Gestión para la Reducción del Riesgo del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

Identificadas las medidas de gestión, el formulador deberá especificarlas indicando el tipo de medida y el aspecto o factor de riesgo que logra reducir con su implementación. El formulador podrá tomar como referencia medidas de gestión efectuadas previamente por otros servicios públicos o privados, y ajustarlas al proyecto para generar un pool de alternativas de medidas de gestión adecuadas para la reducción de riesgo.

c) Configuración de alternativa medidas de gestión de riesgo

La configuración de alternativas vincula la formulación y evaluación de proyectos tradicional (alternativas de solución de proyectos) con la definición de alternativas de medidas de gestión asociadas. Lo anterior implica identificar complementariedad de las medidas de gestión para idear alternativas de proyectos robustas que incorporen medidas de reducción de riesgo desde la etapa de formulación, para que respondan eficientemente a las amenazas identificadas.

Para identificar las medidas que califiquen como alternativas de gestión para la reducción del riesgo, se recomienda responder las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué tipo de medidas o acciones son posibles de implementar para solucionar el riesgo identificado?

- ✓ ¿Las medidas o acciones identificadas solucionan el problema de riesgo detectado?
- ✓ ¿Qué factor de riesgo es posible abordar a través de medidas de gestión?
- ✓ ¿Qué tipos de medidas de gestión son posibles de implementar?
- ✓ ¿Las soluciones identificadas son complementarias en la práctica?
- ✓ ¿La complementariedad de la solución disminuye el nivel de riesgo identificado?
- ✓ ¿Cuáles son las medidas de gestión que podrían ser implementadas, considerando restricción presupuestaria?

Una vez respondidas las preguntas, se recomienda construir una tabla por tipo de amenaza que afecte al proyecto, con el propósito de obtener **alternativas de medidas de gestión del riesgo** acorde a su necesidad.

Se debe tener claro que las alternativas de gestión del riesgo deberán responder al problema del proyecto y, a su vez, al riesgo identificado, dando solución a la población objetivo identificada originalmente.

Los pasos generales que seguir en la identificación de alternativas de gestión son los siguientes:

Tabla N° 11. Identificación de alternativas de medida de gestión de riesgo

Paso	Descripción
N° 1	Enumerar los tipos de medidas de gestión posibles para reducir el o los riesgos identificados en la evaluación.
N° 2	Asociar a cada tipo de medidas de gestión un tipo de solución (adaptación de la infraestructura, medidas de mitigación, planes de contingencia o relocalización).
N° 3	Categorizar alternativas complementarias.
N° 4	Obtener alternativas de gestión del riesgo agrupadas, contemplando todas las opciones de alternativas complementarias.
N° 5	Seleccionar alternativas factibles de implementar.

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, la Tabla N°12 indica alternativas de medida de gestión factibles para abordar la problemática de inundación por tsunami de una iniciativa de inversión en una localidad determinada.

Tabla N°12. Ejemplo de Configuración de alternativas de medida de medida de gestión para proyecto con amenaza de tsunami.

Alternativa de Medida de Gestión 1	Alternativa de Medida de Gestión 2	Alternativa de Medida de Gestión 3
Modificación de programa arquitectónico +	Modificación de programa arquitectónico +	Cambio de localización
Robustecer estructura de la edificación+	Robustecer estructura de la edificación +	
Modificación orientación de la Edificación +	Modificación orientación de la Edificación	
Muro de contención en el emplazamiento del proyecto		

Una vez configuradas las alternativas de medidas de gestión, **el formulador deberá incorporarlas en las alternativas de solución planteadas, considerando las medidas de gestión recomendadas.** Las medidas de gestión deberán considerar una estructura de costos, tamaño y capacidad.

4.3.4 ETAPA 4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS CONVENIENTE

La **selección de alternativa de solución más conveniente** consiste en seleccionar la alternativa de solución de proyecto con medida de gestión más convenientes en cuanto a la reducción del riesgo y eficiencia de la alternativa.

Como resultado de esta etapa, el formulador será capaz de seleccionar la alternativa o el conjunto de alternativas de medidas de gestión de riesgo más eficiente para un proyecto en particular.

Para la selección de la **medida de gestión** más efectiva y conveniente en términos económicos y de reducción de riesgo, el enfoque de evaluación adoptado es **costo eficiencia**. Sin embargo, para la **selección de la alternativa de solución de proyecto** más conveniente debe ser aplicado el **criterio de decisión propio del sector**, subsector o tipo de proyecto, siguiendo las indicaciones de las Normas de Inversión Pública (NIP) vigentes.

Para la selección de la alternativa de solución más conveniente se deben abordar los siguientes pasos:

- a) Selección de medida de gestión más conveniente
- b) Selección de la alternativa de solución de proyecto más conveniente

a) **Selección de medida de gestión más conveniente**

Dada la dificultad de valorizar los beneficios asociados al riesgo de desastres, se asume que los beneficios asociados a la reducción del riesgo superan a los costos de la medida de gestión vinculada al proyecto, justificando así el análisis **costo eficiencia** para la selección de la medida de gestión más conveniente en términos económicos, siendo el criterio de decisión el Valor Actual de los Costo (VAC).

Todas las alternativas de medidas de gestión “i” que no logren reducir el índice de riesgo de desastres del proyecto al máximo tolerable o umbral (es decir, $R_{ki} > \text{Umbral}$), deben ser descartadas y desechadas, pues no cumplen el objetivo planteado de reducir a un nivel aceptable el nivel de riesgo.

Todas las alternativas de solución de proyecto deberán seleccionar la alternativa de medida de gestión más eficiente en términos económicos.

Para cada alternativa de medida de gestión “i” se deberá calcular el “Valor Actual de los Costos” (VAC_i) de la siguiente manera:

Fórmula N° 8. Valor actual de los Costos (VAC)

$$VAC_i = IM_0 + \sum_{t=1}^t \frac{CT_i}{(1+r)^t} + \frac{VR_i}{(1+r)^t}$$

Dónde,

VAC_i = Valor actual de los costos de la alternativa de solución k, alternativa de medida de gestión i.

IM_i = Costo de inversión de la alternativa de medida de gestión i

CT_i = Costo Total de operación y mantenimiento de la alternativa de medida de gestión "i"

VR_i = Valor Residual de la alternativa de medidas de gestión "i".

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

t = Horizonte de evaluación del proyecto.

Por ejemplo, en la Tabla N° 1 se presenta el caso de un hospital, con servicio de alta criticidad. Para esta alternativa de solución fueron identificadas dos medidas de gestión de riesgo, siendo la alternativa de medida de gestión más conveniente aquella que presenta un indicador de decisión menor. En este caso, corresponde a la medida de gestión 1*, con un VAC de 900.

Tabla N° 11. Ejemplo selección de medida de gestión más conveniente

Amenaza por Tsunami (alta criticidad) : Hospital	Alternativa de solución sin medida de gestión de riesgo	Medida de gestión 1 *	Medida de gestión 2
Índice de riesgo de Desastres	6%	2,65%	2,10%
Valor Actual de los Costo (VAC)	0	900	1000
Umbral	2,73%	2,73%	2,73%

Fuente: Elaboración Propia.

Este análisis debe ser aplicado a cada alternativa de solución, con el propósito de seleccionar la alternativa de medida de gestión más económica y que presente un índice de riesgo de desastres menor al umbral.

b) Selección de la alternativa de solución de proyecto más conveniente

Para la selección de la alternativa de solución más conveniente el criterio de decisión corresponde al propio del sector, subsector o tipo de proyecto, señalado en las Normas e instrucciones de inversión pública (NIP) y publicadas en la página web del Sistema Nacional de Inversiones. Por lo tanto, proyectos que sean evaluados costo beneficio, deberán incorporar en su flujo de evaluación el costo de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de la medida de gestión seleccionada en la etapa anterior, seleccionando la alternativa de solución más conveniente en términos de rentabilidad.

Para el caso de proyectos evaluados bajo el análisis costo eficiencia, estos deben incorporar el costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de la medida de gestión seleccionada al flujo de evaluación de la alternativa de solución de proyecto, seleccionando la alternativa de solución más conveniente, utilizando el criterio de decisión propio del tipo de proyecto que esté siendo evaluado, pudiendo ser por ejemplo, el Valor Actual de los Costos (VAC), Costo Anual Equivalente (CAE), Costo Anual Equivalente por Atención (CAEA), entre otros.

b.1 Análisis Costo Beneficio

Para proyectos que son evaluados bajo el enfoque costo beneficio se debe considerar que:

- La alternativa de solución (sin medidas de gestión) “k” presenta un Valor Actual Neto mayor o igual a cero ($VAN_{k0} \geq 0$).
- Se seleccionan la alternativa de medida de gestión “i” con menor CAE para cada alternativa de solución del proyecto “k” (es decir, cada alternativa de proyecto selecciona la alternativa de medida de gestión menor indicador costo eficiencia). Se adopta este enfoque por la dificultad de valorar los beneficios esperados (dado que no se cuenta con probabilidades de ocurrencia de los distintos eventos ni con funciones de intensidad-daño).
- Se deberá calcular el Valor Actual Neto (VAN) de cada alternativa de solución “k”, incorporando la inversión inicial los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de la medida de gestión de riesgo:

Fórmula N° 9. Valor actual Neto (VAN)

$$VAN_{ki} = -(I_{k0}) + \sum_{t=1}^T \frac{FT_{ki}}{(1+r)^t} + \frac{VR_{ki}}{(1+r)^t}$$

Dónde:

VAN_{ki} = Valor Actual Neto del proyecto k, alternativa de medida de gestión i.

I_{k0} = Costo de inversión de la alternativa de solución del proyecto k, con medida de gestión.

FT_{ki} = Flujo de Beneficios Netos de la alternativa de solución “k”. r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

t = Horizonte de evaluación del proyecto.

El criterio de decisión es seleccionar aquella alternativa de proyecto con mayor VAN.

Para un proyecto de transporte interurbano con alta criticidad, que presentan un índice de riesgo de desastres sobre el umbral deberán seleccionar para cada alternativa de solución, la medida de gestión más económica, es decir, con el menor Valor Actual de los Costos (VAC). Sin embargo, el primer paso será descartar aquella o aquellas alternativas de solución con VAN social negativo. Por ejemplo, para el caso presentado en la Tabla N°12, debe ser descartada la alternativa de solución 3, debido a que el indicador de rentabilidad social indica que un VAN social negativo, es decir, igual a -100.

Tabla N° 12. Comparación de alternativas de solución, sin medida de gestión.

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad) : Transporte Interurbano	Alternativa de solución 1	Alternativa de solución 2	Alternativa de solución 3
Índice de riesgo de desastres sin medida de gestión (umbral 2,73%)	5%	5%	5%
VAN sin medida de gestión	10.645	10.793	-100

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez descartada la(s) alternativa(s) de solución no rentables sin medida de gestión, deberán incorporar los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento, ahorros de costos y valor residual al flujo de evaluación y estimar el Valor Actual Neto con medida de gestión.

Para que las alternativas de solución con su medida de gestión sean comparables, deben presentar un índice de riesgo de desastres bajo el umbral, para seleccionar finalmente, la alternativa de solución con medida de gestión más conveniente, correspondiente aquella que presenta el mayor Valor Actual Neto (VAN). En el caso ejemplo de la tabla N° 13, corresponde a la alternativa de solución 2 con medida de gestión, ya que presenta un VAN social con medida de gestión de 9.662, superior al VAN social de la alternativa de solución 1.

Tabla N° 13. Comparaciones de alternativas de solución con medida de gestión

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad) : Transporte Interurbano	Alternativa de solución 1 con medida de gestión	Alternativa de solución 2 con medida de gestión
Índice de riesgo de desastres con medida de gestión (umbral 2,73%)	2,65%	2,0%
Valor Actual de los Costos (VAC) de la medida de gestión	900	1000
VAN con medida de gestión	9.539	9.662

Fuente: Elaboración Propia.

b.2) Análisis Costo Eficiencia

Para proyectos evaluados bajo en análisis costo eficiencia, para cada alternativa de solución “k” con alternativa medida de gestión “i” se deberá calcular el “Valor Actual de los Costos” (VAC_{ki}) de la siguiente manera:

Fórmula N° 10. Valor actual de los Costos (VAC)

$$VAC_{ki} = (I_{k0}) + \sum_{t=1}^t \frac{CT_{ki}}{(1+r)^t} + \frac{VR_{ki}}{(1+r)^t}$$

Dónde,

VAC_{ki} = Valor actual de los costos de la alternativa de solución k, alternativa de medida de gestión i.

I_{k0} = Costo de inversión de la alternativa de solución k, con medidas de gestión.

CT_{ki} = Costo Total de operación y mantenimiento de la alternativa de solución "k", alternativa de medida de gestión "i"

VR_{ki} = Valor Residual de la alternativa de solución k, medidas de gestión "i".

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

t = Horizonte de evaluación del proyecto.

El **criterio de decisión** es seleccionar corresponderá a aquel precisado en las Normas de Inversión Pública (NIP).

Para aquella alternativa de solución (con medida de gestión) que presente como criterio de decisión el **menor Costo Anual Equivalente** (CAE), que debe ser calculado considerando:

Fórmula N° 11. Costo Anual Equivalente (CAE)

$$CAE_{ki} = VAC * \left[\frac{(1+r)^t * r}{(1+r)^t - 1} \right]$$

Donde:

CAE_{ki} =Costo Anual Equivalente de la alternativa de solución k, alternativa de medida de gestión i.

VAC_{ki} =Valor actual de los costos de alternativa de solución k, alternativa de medida de gestión i.

r = Tasa social de descuento (expresada en términos reales).

t = Horizonte de evaluación del proyecto.

5 ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA DESARROLLADA POR CHILE

Si bien, el enfoque adoptado para evaluar el riesgo de desastres puede ser empleado para las **amenazas de inundaciones pluviales o fluviales, marejadas y sequías**, se debe tener en consideración que la metodología es una herramienta simplificada, que puede ser utilizada en etapas iniciales de la formulación del proyecto para mejorar la selección de alternativas de localización, por lo que abordar el riesgo de desastres por amenazas hidrometeorológicas requiere de la implementación de herramientas más sofisticadas, orientadas a mejorar el cálculo estructural y diseño final de proyectos, ya que la metodología no permite efectuar simulaciones de incertidumbre para proyectar los requerimientos de demanda que conducen a la estimación de las dimensiones del tamaño de infraestructura.

Es importante considerar que el **cambio climático es un factor que puede afectar la oferta y demanda de servicios**, especialmente los relacionados con recursos hídricos, afectados, sin duda, por las variaciones hidrometeorológicas que afectan actividades como: producción agrícola, servicio de agua, turismo, entre otros. Contemplar medidas que permitan incorporar dichas variaciones en la construcción de ciudades resilientes sigue siendo un desafío tanto para el sector público como privado.

Asimismo, la **incorporación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero** en proyectos de infraestructura, ya sea como medidas de eficiencia energética, como también para la reducción de gases de efecto invernadero a través de la selección de alternativas de proyecto más eficientes (Por ejemplo, el sector residuos, cambia de rellenos sanitarios a plantas de valorización energética).

En la actualidad el Ministerio de Desarrollo Social está trabajando en la incorporación del cambio climático en la evaluación social de proyectos, debido a la sobre o subestimación de beneficios como costos sociales de un proyecto. Para esto se ha constituido una mesa de trabajo con el Ministerio de Obras Públicas para abordar la incorporación de las variaciones hidrometeorológicas en la formulación y evaluación de proyectos del borde costero, defensa fluvial, agua potable y alcantarillado, embalses, entre otros relacionados con recursos hídricos, con el propósito de mejorar el dimensionamiento de las iniciativas de inversión en la etapa de diseño.

Se destaca que la Metodología RD no incorpora escenarios multi-amenaza debido al alto requerimiento de información que implica construir la base conceptual y cuantitativa para obtener un modelo multicriterio robusto. Por lo que es importante impulsar estudios que permitan generar datos para evaluar en un futuro próximo escenarios multi-amenaza en iniciativas de inversión.

La exposición multi-amenaza puede generar un daño mayor en su conjunto, por el efecto de sinergia, especialmente cuando estas amenazas están correlacionadas. En la actualidad, la comunidad científica está estudiando la mejor manera de enfrentar escenarios multi-amenaza, sin embargo, son estudios de mayor complejidad que involucran la modelación de escenarios de daño y construcción de curvas de fragilidad de infraestructura, que podrían ser una buena alternativa para abordar el riesgo de desastres multi-amenaza.

Con relación al **Índice de Riesgo de Desastres**, que indica el nivel de riesgo de desastres de la alternativa de solución, este **no presenta una lectura directa**, sino que debe ser interpretado con relación al umbral de tolerancia, el cual está asociado a la criticidad del servicio entregado. Por lo tanto, el riesgo de la alternativa de solución será “alto” o “sobre el umbral” cuando el índice de riesgo de desastres esté sobre el umbral. Esta lectura a veces puede ser confusa para formuladores de proyectos, debido a que existen dos alternativas, un riesgo alto o sobre el umbral y un riesgo bajo o por debajo del umbral.

Para el caso de iniciativas de inversión con alto índice de riesgo de desastre, pero con escasa posibilidad de ser relocalizadas a un sitio con baja exposición a las amenazas, es relevante distinguir entre aquellas alternativas de solución que permiten reducir el Índice de Riesgo de Desastres a pesar de que la iniciativa de inversión se encuentre localizada en un sitio con alta exposición a amenaza. Sin embargo, la Metodología RD no permite comparar de manera justa alternativas de solución con menor Índice de Riesgo de Desastres en términos económicos. Para abordar este aspecto, es recomendable construir una escala con más niveles de tolerancia, por ejemplo, umbral alto, medio y bajo, con el propósito de mejorar la toma de decisiones en la selección de la alternativa más conveniente en términos de costos y reducción de riesgo.

Se destaca la incorporación de la selección de medidas de gestión de riesgo de desastres como parte de la evaluación social de la alternativa de solución, pero a pesar de que Chile ha avanzado en la construcción de infraestructura resiliente, los mayores avances

en la materia corresponden a la adaptación para enfrentar la amenaza por terremotos, existiendo menor información sobre el desarrollo de infraestructura resiliente para hacer frente a otras amenazas. En la actualidad, el Ministerio de Desarrollo Social está trabajando en un compilado de experiencias de infraestructura resiliente ejecutada en el país por el Ministerio de Obras Públicas y Ministerio de Vivienda y Urbanismo, para abordar las amenazas por remoción en masa, tsunamis e incendios forestales, con el propósito de dar mayor acceso a la información a todos los formuladores del país. A pesar de este desarrollo, la información es escasa y es necesario impulsar iniciativas que permitan fortalecer la innovación de diseños estructurales de infraestructura resiliente.

Con relación a la evaluación social de proyectos, costos y beneficios sociales, el criterio de decisión recomendado para la evaluación de iniciativas de inversión con medidas de gestión de riesgo de desastres no sugiere la incorporación de beneficios asociados al daño evitado o pérdida de vidas humanas. Esto se debe a que esta metodología solo incorpora una visión general del territorio, para incorporar observaciones en etapas iniciales de la formulación y evaluación de proyectos. No obstante, para incorporar beneficios asociados a pérdidas de vida es necesario contar con la probabilidad de ocurrencia de los eventos, siendo fundamental disponer de información histórica y regularidad de la ocurrencia, de una amenaza en particular, de lo contrario, resulta complicado efectuar estimaciones para obtener dicha probabilidad de ocurrencia. Este es el caso de amenazas por terremoto, tsunamis y erupciones volcánicas, donde no hay claridad de la ocurrencia de los eventos, es decir, ocurren de manera irregular en el tiempo, por lo tanto, en estos casos no es posible incorporar con precisión los beneficios asociados a un evento en particular.

Por otra parte, se destaca que antes de la publicación de la Metodología RD, la formulación y evaluación social de proyectos asumía continuidad de servicio sin contemplar la ocurrencia de eventos de desastres en el territorio, que impactan la continuidad del servicio entregado, lo cual no se ve reflejado en las evaluaciones sociales. Por esto, la metodología asume que no hay beneficios adicionales en términos de daños o pérdidas de vidas, especialmente en proyectos de edificación, donde la problemática original del proyecto está orientada a satisfacer la demanda de la población objetivo de un servicio dado. Lo anterior se justifica debido a que, no es factible exigir a un proyecto de edificación solucionar una problemática de exposición de amenazas del territorio. Al contrario, en proyectos de adaptación territorial

al riesgo de desastres, como por ejemplo, proyectos de defensas fluviales, el daño debe ser cuantificado e incorporado en el flujo de evaluación social del proyecto.

Se destaca que contar con información de calidad es relevante para categorizar el nivel de exposición de amenazas y grado de vulnerabilidad. En el caso de Chile, solo es posible disponer de información categorizada de la amenaza de inundación por tsunami y erupciones volcánicas, mientras que, para la amenaza por incendios forestales y remoción en masa, la información disponible en el país aún no permite homogeneizar dicha información y construir mapas por nivel de exposición.

Una de las debilidades del visor web Chile Preparado es que indica como categoría de exposición a amenaza de incendios forestales, la ocurrencia de eventos en el territorio, sin contemplar la existencia de masa o cobertura vegetal o inflamable, característica determinante en la exposición a dicha amenaza.

Además, se destaca que la construcción de **la Metodología RD fue producto de un proceso participativo**, gestión inicial que parte desde la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres de ONEMI, donde se encomendó al Ministerio de Desarrollo Social abordar la incorporación del riesgo de desastres en inversión pública, y que apoyó con la coordinación interinstitucional mediante el Sistema de Protección Civil. Asimismo, fueron convocados académicos de prestigio, investigadores y profesionales del sector privado para consensuar el índice de riesgo de desastres a nivel conceptual y cuantitativo, siendo en total, más de 70 profesionales de distintos sectores quienes contribuyeron a este desarrollo.

La coordinación efectuada por el Ministerio de Desarrollo Social y Sistema de Protección Civil de ONEMI fue fundamental para lograr un desarrollo con consenso intersectorial. Sin embargo, también es importante lograr una mayor participación de la sociedad civil, siendo una buena plataforma la publicación del documento en ventanilla abierta para conocer los reparos, dudas u opiniones de la sociedad civil.

A pesar de la participación de actores de la sociedad civil y profesionales del sector privado, el desarrollo de Metodología RD no contempló impulsar la evaluación del riesgo de desastres en el sector privado, como una estrategia de desarrollo sostenible en el largo plazo, especialmente, para la construcción de proyectos de inversión o vivienda.

Asimismo, el **proceso de transferencia de capacidades debe ser acelerado** para incentivar la aplicación sistemática de la metodología en todos los proyectos de edificación que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones, debido a que su exigencia no puede ser empleada antes de instalar las capacidades en los formuladores de iniciativas de inversión, especialmente, profesionales de municipalidades, que cuentan con brechas en cuanto a capacitación y acceso a información. Para esto, es esencial que el Estado destine recursos financieros orientados a la capacitación de funcionarios públicos a nivel nacional.

El Ministerio de Desarrollo Social, en un esfuerzo de capacitar a los profesionales del sector público relacionados con la formulación y evaluación social de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones, ha capacitado durante el 2018 un total de 101 profesionales de distintos sectores, entre ellos, Ministerio y Servicios de Salud e Instituto Nacional de Deportes a nivel nacional, y Ministerio de Justicia, Policía de Investigaciones, Carabineros de Chile, Poder Judicial, Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Seremi de Desarrollo Social de la Región Metropolitana. Mientras que para el año 2019 se ha planificado capacitar al menos 300 profesionales de regiones, con fuerte orientación a la transferencia de capacidades en municipios.

Finalmente, uno de los aspectos que debe ser mejorado son las **planillas Excel con programación de macros**, herramientas implementadas para el cálculo del índice de riesgo de desastres, debido a que a pesar de que facilitan la aplicación de la metodología en la evaluación de alternativas de solución, cada una de las alternativas de solución debe ser evaluada de manera individual, por lo tanto, la herramienta no facilita la comparación de alternativas de solución en una misma pantalla. Por lo anterior, es necesario mejorar el diseño y aplicación del cálculo del índice, para contar con información en línea, actualizada, y con reportes con mayor análisis de resultados.

6 CONCLUSIONES

El desarrollo de infraestructura resiliente en ciudades es un desafío latente alrededor del mundo, por lo que disponer de información del territorio, tanto de la exposición a amenazas como del grado de vulnerabilidad, son esenciales para conocer el riesgo de desastres del territorio, y para identificar medidas de gestión que conduzcan hacia el desarrollo de infraestructura resiliente.

La **Metodología RD** desarrollada por Chile constituye un avance en la medición e incorporación del riesgo de desastres en el proceso de inversión pública, y se recomienda sea aplicada en fases iniciales de la formulación y evaluación de proyectos, en la fase de preinversión, precisamente, para mejorar la selección de la localización del proyecto y considerar la implementación de medidas de gestión de riesgo, cuando el proyecto presente características de riesgo de desastres por sobre el umbral de tolerancia.

Algunos aspectos que destacan del desarrollo metodológico efectuado en Chile son:

- La exitosa coordinación del Estado a través de la Plataforma Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, de ONEMI con los actores del Sistema de Protección Civil.
- La eficiente y efectiva coordinación liderada por el Ministerio de Desarrollo Social, que implicó la participación ampliada del sector privado y universidades para trabajar *ad honorem* en la construcción de un índice de riesgo de desastres.
- La exitosa gestión del Ministerio de Desarrollo Social para contar con apoyo financiero de agencias internacionales, para convocar expertos y para robustecer el índice de riesgo de desastres. Destaca el apoyo de los Proyectos KIZUNA, JICA, GIZ y CEPAL.
- El aprendizaje obtenido en el desarrollo metodológico del índice de riesgo de desastres para la evaluación social de proyectos, específicamente, en la construcción de modelos multicriterios para la evaluación social de proyectos, ya que permiten valorar la contribución de beneficios y costos sociales que son difíciles de cuantificar en la evaluación social tradicional, basada en el enfoque eficiencia (costo beneficio y costo eficiencia).

- La construcción del concepto de índice de riesgo de desastres y su cardinalización, en escala cuantitativa constituye un logro para el Estado de Chile, en términos de obtener consenso interministerial en el uso de conceptos relacionados a riesgo de desastres, empleados en la formulación y evaluación social de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones.
- Los documentos metodológicos, manual de escalas y planillas Excel desarrollados para simplificar la aplicación en proyectos de inversión que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones.
- La transferencia de capacidades a través de cursos impartidos por el Sistema Nacional de Inversiones.

Por otra parte, son identificados algunos aspectos no contemplados en la metodología complementaria para la evaluación de riesgo de deastres en infraestructura pública de Chile, correspondientes a los siguientes:

- **Cambio climático.** Abordar la incorporación del cambio climático a través de la modelación de variables hidrometereológicas es fundamental para avanzar en la construcción de infraestructura resiliente desde etapas iniciales de la formulación y evaluación de proyectos, siendo el Sistema Nacional de Inversiones el organismo con facultades jurídicas para normar sobre la inversión pública, dando la oportunidad de generar cambios transversales en todos los sectores que deben solicitar una recomendación favorable para invertir en infraestructura pública.
- **Amenaza por inundaciones pluviales y fluviales, marejadas y sequías.** También es fundamental avanzar en incorporar el análisis en etapa de perfil de la amenaza por inundaciones pluviales y fluviales, ya que es la amenaza con mayor ocurrencia en el país, y hasta el momento no se ha incorporado la evaluación de riesgo de desastres por inundaciones en la formulación y evaluación de proyectos, como tampoco la amenaza de marejadas debido a la falta de información sobre la altura de inundación considerando incertidumbre por cambio climático. Respecto a otras amenazas, tales como sequías, es recomendable efectuar modelaciones a nivel de diseño del proyecto, incorporando incertidumbre por cambio climático.

Para abordar el *trade off* que puede ocurrir entre el crecimiento de las ciudades y el riesgo de desastres, y su intensificación por efecto del cambio climático, la acción más eficiente es mediante la **incorporación del riesgo de desastre en los planes reguladores**, tomando en cuenta que el riesgo de desastres es un fenómeno dinámico en el tiempo, identificando áreas de amenaza, y regulando sobre el grado de vulnerabilidad en la misma Ordenanza General de Urbanismo y Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, específicamente efectuando precisiones de construcción en edificaciones relacionadas con servicios e infraestructura crítica.

Considerando que la actualización de planes reguladores conlleva varios años de trabajo, sumado a que en la actualidad no hay disponible una metodología que permita identificar de manera homogénea las amenazas y vulnerabilidad en el territorio para planes reguladores, la incorporación del riesgo de desastres, en este caso, la implementación del Índice de Riesgo de Desastres (IRD) en la evaluación social de proyectos de inversión pública es un *second best*, ya que permite contemplar la incorporación de la evaluación del riesgo de desastres y cambio climático, como una variable que debe ser analizada y evaluada en la formulación de proyectos de infraestructura que ingresen al Sistema Nacional de Inversiones. Con esto, es posible lograr que proyectos públicos enfrenten con mayor eficiencia la exposición a amenazas a través del desarrollo de infraestructura resiliente, que permita dar una mejor continuidad de servicio, durante y post desastre.

En general, la implementación del enfoque multicriterio en la evaluación social de proyectos ha generado un cambio de paradigma sobre la valoración de costos y beneficios que cuentan alta dificultad en términos de su cuantificación en la evaluación social tradicional de proyectos. En el caso de emplear modelos multicriterio para riesgo de desastres ha contribuido a asimilar que mejorar la resiliencia de proyectos de infraestructura pública conlleva beneficios que a veces no pueden ser cuantificados debido a la dificultad de precisar el daño de eventos catastróficos que no tienen probabilidad de ocurrencia conocida.

Es importante involucrar al sector privado, debido a que el crecimiento de ciudades y económico impulsa la generación de proyectos inmobiliarios y otros, que podrían verse afectados en el futuro por la ocurrencia de eventos catastróficos no previstos en etapas tempranas de formulación y diseño. Se recomienda establecer vínculos con el sector privado

para impulsar desarrollo sostenible en el largo plazo, especialmente, para la construcción de proyectos de vivienda.

Asimismo, el aprendizaje logrado con la construcción del **Índice de Riesgo de Desastres (IRD)**, permite transmitir a países en desarrollo, que cuentan con escaso historial o baja calidad de la información sobre la ocurrencia de desastres, sobre los logros y utilidad de la implementación de metodologías multicriterio para la toma de decisiones de iniciativas de inversión para obtener infraestructura resiliente. Este aspecto ha sido destacado por la comunidad internacional, especialmente por el proyecto KIZUNA, la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) y la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), que han permitido dar a conocer el proceso de desarrollo metodológico liderado por Chile, para la evaluación del riesgo de desastres en infraestructura pública, como herramienta factible de ser replicable en países de la Comunidad del Caribe (CARICOM). Lo anterior constituye uno de los productos comprometidos por la agenda del Presidente Sebastián Piñera en su visita al CARICOM el año 2018, con el propósito de fortalecer el apoyo técnico del Caribe en el ámbito de la reducción del riesgo de desastres.

Finalmente, la adaptación de la infraestructura, como una exigencia base en proyectos de infraestructura pública, puede transformarse en un impulso público hacia la generación de proyectos resilientes, a través del sistema de consultorías de diseño y construcción de obras civiles licitadas, especialmente, por el Ministerio de Obras Públicas.

7 BIBLIOGRAFÍA

1. Aguarón J. et al, 2000 Robustez del índice de consistencia geométrico. Anales de Economía Aplicada. XIV Reunión ASEPELT-España. Oviedo, 22 y 23 de Junio de 2000. ISBN: 84-699-2357-9. Rescatado el 25 de marzo 2019, en: <http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2000%20-%20Oviedo/Trabajos/PDF/244.pdf>
2. Bach C, A.K. Gupta, S.S. Nair and J. Birkmann (2013): Critical infrastructure and disaster risk reduction. Training module. GIZ, New Deli, 72 p.
3. Borg P. et al. (2014). The android case study: Venice and its territory: vulnerability and resilience in multihazard scenarios, In Procedia Economics and Finance, Volume 18, 2014, Pages 825-836, ISSN 2212-5671, [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)01008-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)01008-9).
4. Cepal, 2012. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe.
5. CNID, 2016. Hacia un Chile resiliente frente a desastres una oportunidad. Sitio web: <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2016/12/CREDEN-27122016-2.pdf>
6. China, 2009. Compilation of Disaster Risk Atlas and its Application in —Taking Compilation of China Natural Disaster (System) Atlas Compilation of Disaster Risk Atlas and its Application in Integrated Disaster Risk Governance g p (y) and Wenchuan Earthquake Disaster Atlas as Examples.
7. Comisión Europea, 2009. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management.
8. Delgado-Galván, X. et al., 2011. Aplicaciones de la metodología AHP para la toma de decisiones en la gestión de la red de abastecimiento. Conference: XI SEREA, Seminario Iberoamericano de planificación, proyecto y operación de abastecimiento de aguaAt: Morelia, México.
9. Cutter S. et al, 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters.
10. DGPM-MEF (2006). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo.
11. Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. & Hutchinson, J. N., 2001. Review of the classification of landslides of the flow type. Environmental and Engineering Geoscience, 7: 221-238.
12. MIDEPLAN, 2014. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Metodología de análisis de amenazas naturales para proyectos de inversión pública en etapa de perfil

- / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica; Ministerio de Agricultura y Ganadería y Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. -- San Jose, CR: MIDEPLAN, 2014.
13. Ministerio de Desarrollo Social, 2016. Metodología de formulación y evaluación de proyectos de establecimientos del servicio nacional de menores. División Evaluación Social de Inversiones. Recuperado el 15 de diciembre 2018, en: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/establecimiento-menores/?wpdmdl=893>
 14. Ministerio de Desarrollo Social, 2017^a. Metodología Complementaria para la evaluación de riesgo de desastres de proyectos de infraestructura pública.
 15. Ministerio de Desarrollo Social, 2017^b. Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública.
 16. Ministerio de Desarrollo Social, 2019. Descripción del SNI. Sistema Nacional de Inversiones. Recuperado el 15 de diciembre 2018, en: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/quienes-somos/descripcion-del-sni/>
 17. Ministerio de Economía y Finanzas, 2007. Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público. 1ra. Ed., Lima - Perú, 97 pp.
 18. MINVU, 2016. D.S. N°47, de 1992. Ordenanza general de urbanismo y construcciones (actualizada al 21 de Marzo del 2016 - incorpora modificación D.S. N°50 - D.O. 04.03.16 y D.S. N°37 - D.O. 21.03.16)
 19. Nat Hazards, 2009. IUPA: A tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability.
 20. NIDM & GIZ, 2013. Critical infrastructures and disaster risk reduction. Training Module. OECD, 2009. Methodological framework. Disaster Risk Assessment and Risk Financing.
 21. ONEMI, 2016. Glosario Riesgo Volcánico. División Protección Civil
 22. ONEMI, 2016. Orden de Servicio N° 10. Ref. Remite definiciones Riesgo de Desastres, acción definida en el Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Fecha 26 Diciembre 2016.
 23. ONEMI, 2017. Plan de Continuidad Operacional. PENGRD 2015-2018. Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres.
 24. ONEMI, 2018. Resolución Exenta N°1111. Aprueba plan específico de emergencia por variable de riesgo remoción en masa. 28 diciembre 2018. Ministerio del Interior y

Seguridad Pública. Disponible en:

http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/1855/P-PEEVR-PO-ARD-04_III_28.12.2018.pdf?sequence=1

25. ONEMI, 2019. Visor Web Chile preparado. Disponible en <http://www.onemi.cl/visor-chile-preparado/>
26. Public Safety Canada, 2015. Guidelines. National disaster mitigation program (NDMP).
27. Public Safety Canada, 2015. Información territorial. de desastres en Canadá.
28. Sernageomin, 2017. Glosario ilustrado para la comprensión básica de peligros geológicos. Sitio web <http://www.sernageomin.cl/pdf/mapa-geo/Glosario-ilustrado-de-peligros-geologicos.pdf>
29. SHOA, 2015. Instrucciones oceanográficas N°4. Especificaciones Técnicas de Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). Pub SHOA 3209. http://www.shoa.cl/datos/descargas/pdf/NE_3204_v2.pdf
30. Unasur, 2009. Metodología de Gestión y Prevención de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura.
31. UNISDR, 2009. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009. Disponible en www.eird.org
32. Osorio, J. & Orejuela, J., 2008. El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. Scientia et Technica Año XIV, No 39, Septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
33. Wilson G. et al., 2014. Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review, In Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 286, 2014, Pages 148-182, ISSN 0377-0273, <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.030>.
34. Willinges K et al., 2017. Towards an assessment of adaptive capacity of the European agricultural sector to droughts, In Climate Services, Volume 7, 2017, Pages 47-63, ISSN 2405-8807, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.10.003>.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO N°1. GLOSARIO

Concepto	Definición
Adaptación al cambio climático	Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) la adaptación al cambio climático se define como al ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.
Amenaza	<p>Una amenaza es considerada como fenómeno de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños y trastornos a la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente. (ONEMI, 2016^a)</p> <p>Se evalúan en función de su intensidad o magnitud, frecuencia, duración y ubicación espacial, según el fenómeno a caracterizar. Se considera un factor externo. (ONEMI, 2016^a)</p>
Cambio Climático	Cambio del clima atribuido directa o indirectamente actividades humanas que alteran la composición de la atmosfera mundial.
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.
Evaluación del riesgo	Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los

Concepto	Definición
	medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen.
Exposición	<p>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. (ONEMI, 2016^a)</p> <p>Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados, emplazados en áreas de amenaza. Es un <i>sine qua non</i> para expresar el riesgo de desastres, transformándose en la componente que permite que la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se traduzca en un determinado escenario de riesgo. (ONEMI, 2016^a)</p>
Gestión del riesgo	El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales.
Medidas estructurales y no estructurales¹⁰	<p>Medidas estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas frente a las amenazas.</p> <p>Medidas no estructurales: Cualquier medida que no suponga una construcción física y que utiliza el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas y leyes, una mayor concientización pública, la capacitación y la educación.</p>
Mitigación¹¹	Disminución o limitación de los impactos adversos de las amenazas y desastres afines.
Obras de Mitigación	Acciones físicas ejecutadas en el territorio, enfocadas a disminuir el impacto de la amenaza de Tsunami en la población y sus bienes
Plan de contingencia	Es un documento que describe “aquellos procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta y respuesta ante la manifestación o la inminencia de una amenaza agroclimática”

¹⁰ Ídem anterior.

¹¹ Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres. Santiago: ONEMI. 2014. Disponible en: www.onemi.cl

* Mesa técnica interinstitucional de recomendaciones para la preparación y respuesta ante tsunamis. Recomendaciones para la preparación y respuesta ante tsunamis. Santiago: ONEMI. 2014. Disponible en: www.onemi.cl

Concepto	Definición
	(modificado a partir de La Red de Desastres, 2001).
Pronóstico	Una declaración certera o un cálculo estadístico de la posible ocurrencia de un evento o condiciones futuras en una zona específica.
Resiliencia	La resiliencia corresponde a un 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. (ONEMI, 2016 a)
Riesgo¹²	La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Puede calcularse mediante el cálculo de daños y pérdidas esperables.
Reducción del riesgo de desastres	El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos.
Riesgo aceptable	El nivel de pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad consideran aceptable, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes.
Riesgo de desastres	Corresponde a las 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. El riesgo de desastres abarca diferentes tipos de pérdidas posibles que con frecuencia son difíciles de cuantificar.
Transferencia del riesgo	El proceso de trasladar formal o informalmente las consecuencias financieras de un riesgo en particular de una parte a otra medida el cual una familia, comunidad, empresa o autoridad estatal obtendrá

¹²UNISDR. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009. Disponible en www.eird.org

Concepto	Definición
	recursos de la otra parte después que se produzca un desastre, a cambio de beneficios sociales o financieros continuos o compensatorios que se brindan a la otra.
Unidad Funcional	Superficie de emplazamiento de la infraestructura, detallando la localización, su entorno inmediato y alcance de su funcionalidad
Vulnerabilidad	<p>Características propias de la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, que los hacen susceptibles a sufrir trastornos, daños o pérdidas, por el impacto de una determinada amenaza. (ONEMI, 2016 a)</p> <p>Pueden clasificarse según diferentes tipologías tales como: socio-demográficas, económicas, físicas, ambientales, psicológicas, entre otras. Se considera un factor intrínseco del elemento a analizar, sobre el cual se puede realizar gestión para reducirla. En términos simples, da cuenta de la propensión o predisposición a que un elemento resulte afectado. (ONEMI, 2016 a)</p>

Fuente: Ministerio de Desarrollo Social (2017)

8.2 ANEXO N°2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

	País - Entidad a cargo – Documento metodológico	Enfoque evaluación	Objetivo	Amenazas involucradas en la evaluación
1.	Costa Rica -Sistema Nacional de Inversión Pública. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). Metodología de análisis de amenazas naturales para proyectos de inversión pública en etapa de perfil (2014)	Enfoque Eficiencia. Análisis costo beneficio, cuantificado mediante matriz de amenazas según ocurrencia.	Indicar el rango de la calificación cualitativa de peligrosidad.	Geográficas (alud, deslizamiento, inundaciones, sismo, tsunami, vulcanismo)
2.	Perú - Sistema Nacional de Inversión Pública. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública (2007)	Enfoque Eficiencia. Análisis costo beneficio. Estima el valor esperado de los daños.	Medir económicamente la vulnerabilidad y peligrosidad.	Naturales, socio naturales y antrópicos
3.	Canadá. Public Safety Canada. Guidelines. National disaster mitigation program (ndmp) (2015)	Enfoque Eficiencia. Retorno de la inversión por mitigación respecto a la inversión sin medidas de mitigación.	Identifica potenciales peligros a nivel geográfico y vez su probabilidad de ocurrencia, potencial impacto y vulnerabilidad	Geográficas y climáticas

	País - Entidad a cargo – Documento metodológico	Enfoque evaluación	Objetivo	Amenazas involucradas en la evaluación
4.	China. Disaster Risk Atlas Compilation of Disaster Risk Atlas and its Application in —Taking Compilation of China Natural Disaster (System) (2009)	Atlas de Riesgo	Identifica a nivel cualitativo y cuantitativo las zonas geográficas propensas a desastres.	Natural, tecnológica, medio ambiente y compuesto
5.	Unión de Naciones Suramericanas (Unasur) Metodología de Gestión y Prevención de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura. (2009)	Análisis Multicriterio, no incorpora análisis económico.	Orienta sobre el nivel de profundidad y detalle que se recomienda realizar el análisis de riesgo para una determinada infraestructura.	Inundaciones, sequías, sismicidad vulcanismo, movimientos de masa, viento.
6.	Nat Hazard IUPA: a tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability. (2009)	Análisis multicriterio.	Asigna peso y puntaje a un set de criterios de evaluación para evaluar prácticas para adaptación al cambio climático	No detalla.
7.	Comisión Europea Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management. (2009)	Multicriterio multi amenazas. no Evaluación económica. Para esto desarrolla una matriz de riesgo para cada	Mide la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y el peligro del riesgo.	Geográfica

	País - Entidad a cargo – Documento metodológico	Enfoque evaluación	Objetivo	Amenazas involucradas en la evaluación
		impacto.		
8.	Naciones Unidas, Cepal Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. (2012)	Identifica el riesgo mediante un mapa de inundaciones.	Evaluar en el diseño del proyecto, apuntar a la adaptación de la infraestructura	Variación climática Geografía Climatología
9.	OECD México Methodological framework. Disaster risk assessment and Risk Financing (2009)	Análisis multicriterio	Evaluar el nivel de riesgo y financiamiento a través de una matriz de riesgo.	Fenómenos físicos

Fuente: Elaboración propia

8.3 ANEXO N°3. PARTICIPANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA

Mesa Técnica de Remoción en Masa

Nombre	Cargo	Institución
Roberto Latorre R.	Centro Nacional de Análisis	DME
Juan Francisco Pacheco	Capacitación y Educación	ILPES/ CEPAL
Matías Miranda Pérez	Capacitación y Educación	ILPES/ CEPAL
Ignacio Tapia	Dpto. Metodologías	MDS
Cecilia Díaz	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático	ONEMI
Isabel Spencer	Consultora	FULCUM
Cristian Salas	Asesor	GIZ
Claudio Garuti	Consultor	ILPES/ CEPAL
Viviana Espinoza	Jefe Dpto. Metodologías y Estudios	MDS
Juan Piedra Vilches	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático	ONEMI
Alejandro Alfaro Soto	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Angel del Río	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Carolina Jara	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Enrique Apazo	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Javier Fernández	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Mónica Marín	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Natalia Sepúlveda	Geóloga UPGOT	Sernageomin
Paola Ramirez	Encargada Peligros Geológicos	Sernageomin

Mesa Técnica: Inundación por Tsunami

Nombre	Institución
Patricio Catalán	CIGIDEN, UFSM
Cecilia Zelaya	SHOA
Juan Piedra	ONEMI
Viviana Espinoza	MDS
Ignacio Tapia	MDS

Mesa Técnica: Erupciones Volcánicas

Nombre	Cargo
Manuel Vallejos	Profesional EAE
Gabriela Jara	Geóloga RNVV – SERNAGEOMIN
Felipe Flores	Geóloga RNVV – SERNAGEOMIN
Ángel Berrios	DGA-MOP
Oscar Bustamante	Ingeniero Agrónomo
Felipe Zuñiga	Geógrafo - MINSAL
Juan Francisco Pacheco	Capacitación y Educación – Ilpes Cepal
Matías Miranda Pérez	Capacitación y Educación - Ilpes Cepal
Ignacio Tapia	Dpto. Metodologías – Ministerio de Desarrollo Social
Marcos Rivera	Dpto. Metodologías – Ministerio de Desarrollo Social
Viviana Espinoza	Dpto. Metodologías – Ministerio de Desarrollo Social
Cecilia Díaz	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático – ONEMI
Fernando Díaz L.	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático – ONEMI
Juan Piedra Vilches	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático – ONEMI
Natalia Gomez	Unidad de Análisis, Estudios y Cambio Climático – ONEMI

Mesa Técnica: Evaluación Social

Nombre	Cargo
Erica Astudillo	Analista de Inversiones – Fomento productivo y empresas
Jenisse Fauné	Analista de Inversiones – Desarrollo Urbano y Vivienda
Marcia Vallejo	Analista de Inversiones – Agua potable y alcantarillado y empresas
Ximena Vallejos	Analista de Inversiones – Silvoagropecuario
Alejandro Lefort	Analista de Inversiones – Defensa y Justicia
Francisca Calvo	Analista de Inversiones – Transporte
Hugo Vásquez	Analista de Inversiones – Minería y Edificación Pública
Luis Mendoza	Analista Inversiones – Minería
Óscar Saavedra	Analista de Inversiones – Transporte
Alejandro Moreno	Analista Metodologías y Estudios – Seguridad y Fomento productivo
Carlos Peralta	Analista Metodologías – Desarrollo Urbano y Vivienda, capacitaciones
Ignacio Tapia	Analista Metodologías y Estudios – Apoyo RRD y ex post
Silvia Montevilla	Analista de Capacitaciones
Carlos Cereceda	Jefe Departamento Inversiones
Ivonne Fuentes	Analista Inversiones – Educación y Cultura
Viviana Espinoza	Jefa Departamento de Metodologías y Estudios
Orietta Valdés R.	Analista de Metodologías

8.4 ANEXO N°4 FACTORES, SUBFACTORES, ESCALAS Y PONDERACIONES

Las siguientes escalas corresponden a una actualización de las detalladas en el Documento “Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública”, elaborado por el Ministerio de Desarrollo Social (2017)^b.

MODELOS DE AMENAZAS

a) Amenaza de Inundación por Tsunami

Factor/ Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
Altura de Inundación	Muy alto	1,00	Mayor o igual 4 metros de inundación
	Alto	0,84	Entre 2 y menor a 4 metros de inundación.
	Medio	0,56	Entre 1 y menor 2 metros de inundación.
	Bajo	0,10	Menor a 1 metro de inundación.
	Nulo	0,00	Sin exposición

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)^b

b) Amenaza de Erupciones Volcánicas

Factor: Flujo Volcánico (79,62%)

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
a) Flujo de lava (6,29%)	Muy Alto	1,00	Zona con muy alto peligro a ser afectada por lava durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel “Muy Alto” de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: -Muy Alto peligro de ser afectadas por lava.
	Alto	0,57	Zona con alto peligro a ser afectada por lava durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel “Alto” de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Alto peligro de ser afectadas por lava.
	Moderado	0,19	Zona de moderado peligro a ser afectadas por lava proveniente del cráter principal o adventicio

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
			Se clasificarán como nivel de “Moderado” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Moderado peligro de ser afectadas por lava.
	Bajo	0,09	Zonas de menor peligro, podrían ser afectadas por erupciones de grandes magnitudes y producidas en épocas de mayor acumulación de nieve. Se clasificarán como nivel de “Bajo” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Bajo o Muy Bajo peligro de ser afectadas por flujo de lava.
	Nulo	-	Sin exposición
b) Flujo de lahares (19,88%)	Muy Alto	1,00	Zona con muy alto peligro a ser afectada por lahares durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel “Muy Alto” de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: Muy Alto peligro de ser afectadas por lahares
	Alto	0,57	Zona con alto peligro a ser afectada por lahares durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel “Alto” de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: Alto peligro de ser afectadas por lahares.
	Moderado	0,19	Zona de moderado peligro a ser afectadas por lahares proveniente del cráter principal o adventicio. Se clasificarán como nivel de “Moderado” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa con ambas o alguna de las siguientes condiciones: Moderado peligro de ser afectadas por lahares.
	Bajo	0,09	Zonas de menor peligro, podrían ser afectadas por erupciones de grandes magnitudes y producidas en épocas de mayor acumulación de nieve. Se clasificarán como nivel de “Bajo” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: Bajo o Muy Bajo peligro de ser afectadas por flujo de lahares.
	Nulo	0,00	Sin exposición

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
c) Flujo de piroclastos (53,45%)	Muy Alto	1,00	Zona con muy alto peligro a ser afectada por flujo piroclástico durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel "Muy Alto" de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: -Muy Alto peligro de ser afectadas por flujo piroclástico.
	Alto	0,57	Zona con alto peligro a ser afectada por flujo piroclástico durante la erupción y originada por cráter principal. Se clasificarán como nivel "Alto" de peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Alto peligro de ser afectadas por flujo piroclástico.
	Moderado	0,19	Zona de moderado peligro a ser afectadas por flujo piroclástico proveniente del cráter principal o adventicios. Se clasificarán como nivel de "Moderado" peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Moderado peligro de ser afectadas por flujo piroclástico.
	Bajo	0,09	Zonas de menor peligro, podrían ser afectadas por erupciones de grandes magnitudes y producidas en épocas de mayor acumulación de nieve. Se clasificarán como nivel de "Bajo" peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como zonas con ambas o alguna de las siguientes condiciones: - Bajo o Muy Bajo peligro de ser afectadas por flujo piroclástico.
	Nulo	-	Sin exposición

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)⁹

Factor: Caída de Piroclastos (20,38%)

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
a) Piroclastos Balísticos (14,59%)	Existe	1,00	Se clasificarán como en cualquier nivel de peligro por piroclastos balísticos las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como: - Zona susceptible de ser afectada por la caída de piroclastos balísticos dentro de un radio determinado entono a los principales centros de

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
			emisión.
	No existe	-	Zona no susceptible a ser afectada por caída piroclastos balísticos.
b) Acumulación de Piroclastos (5,79%)	Alto	1,00	Zona de alto peligro a ser afectada por la caída de piroclastos, provenientes de los centros de emisión y que han viajado impulsados por el viento, implica alta acumulación de ceniza que podría provocar destrucción total o parcial de la infraestructura. Se clasificarán como nivel de “Alto” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa con una de las siguientes condiciones: Envoltentes de áreas de probabilidad de acumulación de piroclastos de 50%.
	Medio	0,40	Zona de moderado peligro a ser afectada por la caída de piroclastos y puede provocar daño moderado a la infraestructura. Se clasificarán como nivel de “Moderado” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa con una de las siguientes condiciones: Envoltentes de áreas de probabilidad de acumulación de piroclastos entre 25% y 49%.
	Bajo	0,20	Zonas de menor peligro a ser afectada por la caída de piroclastos, baja acumulación de ceniza sin provocar daños perjudiciales a la infraestructura. Se clasificarán como nivel de “Bajo” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como: Envoltentes de áreas de probabilidad de acumulación de piroclastos entre 10% y 24%
	Nulo	0,00	Se clasificarán como nivel de “Nulo” peligro las áreas identificadas en las leyendas de cada mapa como: Envoltentes de áreas de probabilidad de acumulación de piroclastos menor a 10% o sin exposición.

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017) ^b

c) Amenaza de Remoción en Masa

Factor: Condicionantes de Generación (100%)

Subfactor	Escala	Escala	Definición
-----------	--------	--------	------------

		normalizada	
a) Pendiente de ladera (65,8%)	Muy Alto	1	Pendiente mayor o igual a 35° (70,02%).
	Alto	0,24	Pendiente mayor a 22° (40,4%) y menor o igual a 35° (70,02%).
	Medio	0,12	Pendiente mayor a 15° (26,79%) y menor o igual a 22° (40,4%).
	Bajo	0,05	Pendiente mayor a 8° (14,05%) y menor o igual a 15° (26,79%).
	Muy Bajo	0,015	Pendiente mayor a 1° (1,75%) y menor o igual a 8° (14,05%).
	Nulo	0	Sin pendiente en ladera
b) Coeficiente de escorrentía (23,2%)	Alto	1	El factor es mayor es mayor a 0,3.
	Medio	0,43	El factor es mayor a 0,1 y menor o igual a 0,3.
	Bajo	0,13	El factor es menor o igual a 0,1.
c) Suelo de fundación (11%)	Muy alto	1	Suelo de tipo E, suelo de compacidad o consistencia mediana; o suelo de tipo F, correspondiente a suelos especiales.
	Alto	0,48	Suelo de tipo D, medianamente denso o firme.
	Medio	0,24	Suelo de tipo C, suelo denso o firme.
	Bajo	0,17	Suelo de tipo B, roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme.
	Muy Bajo	0,05	Suelo de tipo A, roca o suelo cementado.

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)^b

Factor: Área de Alcance

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
a) Localización del terreno (73,3%)	En el cauce de agua	1	Localización en valle de ríos o quebradas de montaña, específicamente en la parte baja o fondo del valle de río o quebradas (3 metros en la vertical).
	En el abanico aluvial	0,33	Localización en valle de ríos o quebradas de montaña, específicamente en el abanico aluvial.
	Fuera del cauce y del abanico	0,11	Localización en abanico aluvial, fuera del fondo de valle, quebradas (sobre los 3 metros en la vertical) y abanico aluvial.
b) Distancia con respecto a taludes (6,8%)	Alto	1	La unidad funcional respecto a la distancia en metros hacia taludes inclinados se encuentra entre una distancia menor a 50 metros.
	Medio	0,33	La unidad funcional respecto a la distancia en metros hacia taludes inclinados se encuentra entre una distancia mayor o igual a 50 y menos de 150 metros.
	Bajo	0,09	La unidad funcional respecto a la distancia en metros hacia taludes inclinados se encuentra

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
			a una distancia mayor o igual a 150 metros.
c) Intervención del cauce (19,9%)	Muy Alto	1	La distancia entre la intervención del cauce y el proyecto se encuentra a menos de 40 metros, a distancia radial.
	Alto	0,41	La distancia entre la intervención del cauce y el proyecto se encuentra entre 40 y 99 metros, en distancia radial.
	Moderado	0,18	La distancia entre la intervención del cauce y el proyecto se encuentra entre 100 y 299 metros, en distancia radial.
	Bajo	0,08	La distancia entre la intervención del cauce y el proyecto se encuentra a más de 300 metros, en distancia radial.

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)^b

d) Amenaza de Incendios Forestales

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
a) Área de Afectación	Muy Alta	0,24	Corresponde a las celdas ubicadas inmediatamente al lado del polígono del proyecto (emplazamiento de la edificación)
	Alta	0,33	Corresponde a las celdas ubicadas en el vértice del polígono del proyecto (emplazamiento de la edificación)
	Media	0,71	Corresponde a las celdas ubicadas a una distancia de 75 metros desde el lado del polígono del proyecto (emplazamiento de la edificación)
	Baja	0,75	Corresponde a las celdas ubicadas a una distancia aproximada de 79 metros de distancia desde el punto más cercano del proyecto hasta el centro de la celda.
	Muy Baja	1,00	Corresponde a las celdas ubicadas a una distancia aproximada de 106 metros desde el vértice del polígono del proyecto (emplazamiento de la edificación).
	Nula	0,00	Corresponde a las celdas donde se ubica el proyecto o emplazamiento del proyecto
b) Pendiente	Muy Alto	0,50	Pendiente mayor o igual a 45° (100%)
	Alto	0,75	Pendiente mayor a 30° (57,7%) y menor o igual a 45° (100%).
	Medio	0,9	Pendiente mayor a 10° (17,63%) y menor o igual a 29° (55,43%).
	Bajo	0,98	Pendiente mayor a 5° (8,75%) y menor o igual a 9° (15,84%).
	Nulo	1	Pendiente menor a 5° (8,75%) o pendiente negativa

Subfactor	Escala	Escala normalizada	Definición
c.1) Masa Combustible: Casa de material ligero/ Bosque Nativo/ Pastizal	Muy alto	1	Casa de material ligero mayor a 25 unidades/bosque nativo adulto con continuidad vertical/ Pastizal denso: sobre 1m de altura con presencia de arbustos
	Alto	0,65	Entre 16 y 24 casas construidas con material ligero/Bosque nativo adulto con sotobosque/ Pastizal denso: sobre 1m de altura
	Medio	0,32	Entre 6 y 15 viviendas construidas con material ligero/Bosque nativo adulto/ Pastizal denso: bajo 1m de altura
	Bajo	0,12	Entre 2 y 5 viviendas construidas con material ligero/Bosque nativo renoval/ Pastizal ralo: 1 a 0,2m de altura
	Muy Bajo	0,08	Una casa construida con material ligero /Bosque nativo ralo/Pastizal menor a 0,2 m
	Nulo	0	Sin masa combustible
c.2) Masa Combustible: Basural/Plantación forestal/Matorral/De secho forestal	Muy alto	1	Basural con superficie mayor a 500 m2 sin barreras perimetrales incombustibles/ Plantación de Pino o Eucalipto mayor a 10 metros de altura, sin manejo silvícola, sin Cortafuego y sin tratamiento a los residuos/Matorral junto con plantaciones de Pino o Eucaliptus/Desechos Pino o Eucalipto sin aprovechamiento, y sin tratamientos preventivos (cortafuegos)
	Alto	0,65	Superficie mayor a 1.000 m2, con barreras perimetrales incombustibles/Plantación de Pino o Eucalipto mayor a 10 metros de altura, sin manejo silvícola, sin Cortafuego y sin tratamiento a los residuos/matorral continuo con altura superior a 1,3 m/Desechos Pino o Eucalipto con aprovechamiento, y sin tratamientos preventivos (Cortafuegos)
	Medio	0,32	Superficie entre 100 y 1000m2 de basural/Plantación de Pino o Eucalipto menor a 2 a 3 metros de altura/Plantación de Pino o Eucalipto menor a 2 a 3 metros de altura /Matorral discontinuo (2 m. uno de otro o por manchones) con altura superior a 1,3 m/Desechos Pino, Eucalipto, Bosque Nativo con aprovechamiento, y con tratamientos preventivos
	Bajo	0,12	Superficie menor a 100 m2/Pino o Eucalipto de 1 a 2 año de edad (menos a 1 metro y menor a 2 metros de altura) /matorral discontinuo y bajo 1,3 a 0,5 m de altura
	Muy Bajo	0,08	Pino o Eucalipto menor a 1 año de edad, con altura menor a 1 metro/ Matorral discontinuo bajo 0,5 m.
	Nulo	0	Sin masa combustible

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017) ^b

8.4.1 MODELO DE VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA

Factor	Subfactor
Vulnerabilidad Física (31,14%)	a) Material Estructura Principal (17,45%)
	b) Estado Actual (10,47%)
	c) Plan de Mantenimiento (3,22%)
Vulnerabilidad Funcional (33,29%)	a) Criticidad del Servicio (24,97%)
	b) Incidencia del servicio en la economía local (8,32%)
Vulnerabilidad Social (35,56%)	a) Grupos Etarios Vulnerables Predominantes (5,27%)
	b) Dependencia Física Predominante de la Población Objetivo (3,75%)
	c) Población Potencialmente Afectada por la Interrupción del Servicio (13,36%)
	d) Pobreza por Ingresos (6,59%)
	e) Pobreza Multidimensional (6,59%)

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)^b

8.5 ANEXO N°5. CUESTIONARIO

CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A AMENAZAS POTENCIALES

1. Amenazas		
1.1 General	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe un historial de marejadas, lluvia intensa, inundaciones, derrumbes, aluviones, erupciones volcánicas, incendios forestales, existencia de fallas geológicamente activas o potencialmente activas, procesos de subsidencia o licuefacción del suelo, mala calidad o inestabilidad del suelo por condiciones naturales tales como acantilados, arenales, pantanos, mallines u otros de similar naturaleza, anegamiento por napas freáticas, terrenos deteriorados por actividades humanas extinguidas u otro peligro que exponga a la unidad funcional a riesgo de desastre?		
1.2. Amenazas hidrometeorológicas	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe sedimentación en quebradas o ríos que puedan ser una amenaza para la unidad funcional?		
b. ¿La unidad funcional interfiere la <u>planicie de inundación*</u> de un cauce o río?		
c. ¿La unidad funcional ha sido afectada por tsunamis en el pasado?		
d. ¿La unidad funcional está en una zona alledaña o cercana a pendientes altas, que pueda potenciar el riesgo de deslizamiento y constituir un desastre?		
e. ¿La unidad funcional genera cambio de flujos de ríos o acequias, que pueda potenciar un evento de desastre?		
f. ¿Existen terrenos alledaños o cercanos a la unidad funcional con proceso de erosión y que pueda potenciar un evento de desastre?		
g. ¿Hay problemas de drenaje en zonas alledañas o cercanas a la unidad funcional que puedan potenciar un evento de desastre y significar pérdidas directas para el proyecto?		
1.3. Incendios Forestales	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿Existe cobertura vegetal abundante en la unidad funcional que puedan exponerlo a riesgo de incendio?		
1.4. Erupciones Volcánicas	SI/NO	¿Cuál(es)?
a. ¿El Proyecto se encuentra dentro de zona de peligro de coladas de lavas/lahares, flujos piroclásticos y/o caída de piroclastos?		
b. ¿Está el Volcán Activo?		

Fuente: Basado en Ministerio de Desarrollo Social (2017)

8.6 ANEXO N°6. BASE CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD Y RESILIENCIA PARA EL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES

El presente Anexo N°6 señala las definiciones de vulnerabilidad, infraestructura crítica, resiliencia y capacidad de adaptación a utilizar en la **metodología para la reducción del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública**, elaborada por la mesa 4.5.1 de la Plataforma Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

a) VULNERABILIDAD

Vulnerabilidad corresponde a las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a efectos dañinos de una amenaza. (UNISDR, 2009). En otras palabras, la **vulnerabilidad** está caracterizada por "las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que incrementan la susceptibilidad de una comunidad ante el impacto de amenazas" (NIDM & GIZ, 2013). **Vulnerabilidad** es generalmente descrita como el efecto hacia los humanos de cualquier exposición física de un desastre, que resulta en algunos grados de pérdida, combinado con la capacidad humana a resistir, prepararse y recuperarse al mismo evento (Borg P., 2014).

Es considerado como **vulnerabilidad física**, "la susceptibilidad del sistema de infraestructura o sus componentes a impacto de amenazas naturales. Hay tres enfoques de evaluación de vulnerabilidad física: El uso de indicadores de vulnerabilidad, matrices de daño y fragilidad o funciones de vulnerabilidad" (Wilson G. et al., 2014).

Los indicadores de **vulnerabilidad social** consideran un conjunto básico de dimensiones de vulnerabilidad, como investigaciones pasadas proporcionan: edad, género, ingreso, desempleo, dependencia de servicios sociales, propiedad residencial (arrendatario, condiciones de la vivienda), infraestructura (servicios médicos, instituciones de manejo de emergencias), ocupación, redes sociales, educación, dicotomía Urbana- Rural, crecimiento de la población, ambiente de la edificación, estatus de salud, etc. (Armas and Gaviris, 2013; Blaikie et al., 2005; Downing and Patwadhan, 2004; Twigg, 2001)

Hay un consenso en la comunidad de las ciencias sociales acerca algunos factores que influirían mayormente en la vulnerabilidad social. Estos incluyen: ausencia de acceso a recursos (incluyendo información, conocimiento y tecnología), limitación de acceso a poder político y representación; capital social, incluyendo las redes sociales y contactos; creencias y costumbres; edad y stock de la infraestructura; fragilidad y limitaciones físicas individuales; y tipos y densidad de la infraestructura y líneas de vida (Cutter, 2003; Cutter, 2001; Tierney, Lindell and Perry, 2001; Putman, 2000; Blaikie et al., 1994) Las características que son usualmente usadas y aceptadas por varias investigaciones son la edad, género, raza y estatus socioeconómico.

Según ONEMI (2016) Vulnerabilidad son las características propias de la población, infraestructura, servicios, medios de vida o medio ambiente, que los hacen susceptibles a sufrir trastornos, daños o pérdidas, por el impacto de una determinada amenaza. Pueden clasificarse según diferentes tipologías tales como: sociodemográficas, económicas, físicas, ambientales, psicológicas, entre otras. Se considera un factor intrínseco del elemento a analizar, sobre el cual se puede realizar gestión para reducirla. En términos simples, da cuenta de la propensión o predisposición a que un elemento resulte afectado.

Considerando la definición de vulnerabilidad elaborada por ONEMI, los factores que serán contemplados como determinantes en la vulnerabilidad de proyectos de inversión pública son: 1. **Vulnerabilidad física**, que daría cuenta a la vulnerabilidad de las instalaciones en cuanto al desempeño de la materialidad ante una amenaza, características del anclaje de la estructura, deterioro existente en el sistema y diseño que no considera amenaza ; 2. **Vulnerabilidad funcional**, que contempla las debilidades o aspectos críticos para dar continuidad de servicio durante y posterior a un evento catastrófico, siendo considerada la criticidad del servicio, accesibilidad al servicio, relevancia económica del proyecto y vulnerabilidad en términos de pérdida productiva; 3. **Vulnerabilidad Social**, que constituyen las características sociales del entorno, considerando la edad, discapacidad, género, densidad poblacional y nivel socioeconómico.

b) INFRAESTRUCTURA CRÍTICA

Infraestructura crítica es definida como una red de sistemas y procesos que colaborativamente funcionan para producir y distribuir bienes y servicios esenciales, que

están relacionados fuertemente con las funciones diarias de la sociedad. La infraestructura crítica incluye la red de suministro eléctrico, agua y redes de aguas servidas, red de transporte terrestre y comunicación. También es considerado el sistema de ventilación y sistema de aire acondicionado y equipamiento común a todos los sectores (Wilson G. et al., 2014).

Por otra parte, una compilación efectuada por Bach C. et al. (2013) sobre la definición de **infraestructura crítica**, obtiene que:

País	Definición
Australia	Infraestructura crítica es definida como instalaciones físicas, cadena productiva, tecnología de información y líneas de comunicación. Las que si son destruidas o no estuvieran disponibles por un periodo, significaría un impacto para el bienestar social o económico de la nación. O afecte la habilidad de Australia a conducir la defensa nacional y hacer segura la seguridad nacional.
Alemania	Infraestructura crítica son organizaciones e instalaciones de mayor importancia a la comunidad cuya falla o discapacidad podría causar una escasez sostenida del suministro, significando interrupciones al orden público o otras dramáticas consecuencias.
Unión Europea	Infraestructura crítica significa un activo, sistema o parte en esto localizado en miembros de estados que es esencial para el mantenimiento de las funciones vitales de la sociedad, salud y seguridad del bienestar social y económico de las personas, y que su interrupción o destrucción tendría un impacto significativo en miembros del estados como resultados de pérdida de mantenimiento de las funciones.
Estados Unidos	Infraestructura crítica es definido como un sistema y activo, si físico o virtual, vital para USA que la incapacidad i destrucción como un sistema y activo podría impactar debilitando la seguridad, seguridad económica nacional, la salud pública nacional, o cualquier conminación de estas materias.

Fuente: Bach C, A.K. Gupta, S.S. Nair and J. Birkmann (2013): *Critical infrastructure and disaster risk reduction. Training module. GIZ, New Deli, 72 p.*

Los atributos comunes de infraestructura crítica encontrados por Bach C, A.K. Gupta, S.S. Nair and J. Birkmann el 2013, son:

3. Instalaciones/sistemas / organizaciones con función esencial para el funcionamiento de la sociedad

4. Si son interrumpidos significa un perjuicio o pérdida significativa para la sociedad.

La infraestructura crítica generalmente está dividida en física y en sistema de infraestructura socioeconómica. Física se refiere a todos los servicios básicos, como electricidad, suministro de agua, tratamiento de agua, transporte y comunicaciones. Infraestructura Socioeconómica se incluye instalaciones como hospitales, escuelas, y administración pública, servicios de administración de desastres y áreas recreacionales. (Bach C. et al, 2013)

Considerando las definiciones anteriores, para la evaluación social de proyectos será considerado como **servicio crítico**, toda instalación física, sea infraestructura y/o equipamiento, necesario para permitir la prestación continua de aquellos servicios esenciales (básicos) e impostergables para la vida, salud y sostenibilidad continua, para cumplir con las funciones diarias de la sociedad. Son considerados como **servicios críticos**, aquellos relacionados con el suministro de agua, electricidad, tratamiento de aguas servidas, comunicaciones, transporte, salud y servicios de administración de emergencias y desastres. La **criticidad del servicio** será calificada por el grado de criticidad de la instalación física, mirada desde el punto de vista del servicio que presta a la sociedad, considerando que algunos servicios involucran un mayor impacto a nivel socioeconómico y, que su función es esencial para la vida. Para esto, se definen cuatro niveles de criticidad: alta, media, baja y no crítica.

Criticidad del Servicio	Definición /tipo instalaciones
Alto	El servicio debe operar de manera continua, para asegurar el acceso a servicios esenciales a la vida. Corresponde a servicios de seguridad pública y servicios de emergencia, red de salud, suministro de energía, agua y tratamiento de aguas servidas, comunicaciones, viviendas para adultos mayores, recintos designados como albergues, aeropuertos y caminos interurbanos sin redundancia.
Medio	El servicio debe operar, aunque sea de manera parcial, debido al impacto significativo sobre las actividades de la economía local y bienestar social. Corresponden a red hospitalaria de mediana complejidad, administración pública, aeródromos, líneas férreas, caminos

	interurbanos y metro.
Bajo	Su interrupción trae consecuencias menores al bienestar de la sociedad, debido a la factibilidad de respaldo, redundancia o alternativas de solución paralelas. Corresponden a servicios relacionados con: Salud de baja complejidad (CESCOF, COSAM), transporte marítimo, recintos educacionales y gimnasios no designados como albergues.
No crítico	Servicios postergables, su interrupción o cese de funcionamiento no compromete el bienestar de la población. La continuidad del servicio no depende de instalaciones de respaldo y su operación no es esencial para la vida. Corresponde a espacios públicos, borde costero, centros culturales y de investigación.

Fuente: Basado en ONEMI (2017) Plan de Continuidad Operacional. PENGRD 2015-2018. Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres.

c) RESILIENCIA

La **Resiliencia** es una parte integral de la capacidad adaptativa (Borg P., 2014). **Resiliencia** es la habilidad del sistema social a responder y recuperarse de desastres e incluye aquellas condiciones inherentes que permiten al sistema absorber el impacto y enfrentarse a eventos, como también posterior a eventos, proceso adaptativo que facilita la habilidad del sistema social a reorganizarse, cambiar, y aprender a responder a amenazas (Cutter S. et al, 2008). **Resiliencia** tiende a enfocarse en las habilidades existentes a resistir, absorber, reaccionar, acomodarse y recuperarse ante el efecto de una amenaza (Borg P., 2014).

Varios autores coinciden que la **Resiliencia** es “la capacidad del sistema a absorber las disrupciones y reorganizar para un completo funcionamiento del sistema. Esto no solo incluye la capacidad del sistema a volver al estado existente antes de un evento” (Adger et al, 2005; Klein et al., 2003; Folke, 2006; Cutter S. et al, 2008)

La **ausencia de resiliencia**, o capacidad de respuesta de la sociedad, es determinada por limitaciones en términos de acceso a la movilización de recursos hacia la comunidad o a un sistema ecológico social en respuesta a una amenaza identificada. Incluye reducción del riesgo previo al evento, durante y posterior a eventos con medidas de respuesta (Borg P., 2014).

Según ONEMI (2016) **Resiliencia** corresponde a un 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 como supera el estado existente previa al desastre. Cuentan para la evaluación de la resiliencia aspectos como la redundancia, rapidez, robustez y habilidad.

Considerando la definición de resiliencia elaborada por ONEMI, los factores que serán contemplados como determinantes en la resiliencia de proyectos de inversión pública son: 1. **La capacidad física de las instalaciones**, en cuanto a la adaptación del diseño de la infraestructura y materialidad; 2. **Redundancia del sistema o servicio**, en cuanto a la capacidad de absorber la demanda y dar continuidad del servicio; y 3. **La capacidad de reponer el servicio**, en cuanto al tiempo que tomaría reponer el servicio ante un evento de desastres.

d) CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

La **capacidad de adaptación** representa la habilidad del sistema a ajustar en orden de moderar el daño potencial y hacer frente a las consecuencias (IPCC, 2001; Willinges K et al., 2017). La **capacidad de adaptación** es la habilidad de las empresas a modificar su “estrategia, operaciones, sistemas de administración, estructura de gobernanza y capacidad de soporte de decisiones” a resistir perturbaciones y interrupciones (Starr et al., 2004; Willinges K et al., 2017).

Según Williges K. et al (2017) el enfoque de **capacidad de adaptación** está en función del balance entre los cinco capitales: capacidad humana, capacidad social, capital natural, capacidad física y capacidad financiera. La **capacidad humana** correspondería a la educación, habilidades y salud de los miembros del hogar; la **capacidad social** son las reivindicaciones recíprocas sobre otros en virtud de las relaciones y redes sociales, estrechos lazos sociales que ayudan a la acción cooperativa y el puente social y la vinculación a través de la cual se accede a las ideas y recursos; la capacidad natural está

basada en los recursos naturales como productividad de la tierra, y acciones para sostener la productividad, como también recursos biológicos y agua; la **capacidad física** es el ítem producido por una actividad económica desde otro tipo de capital; esto incluye infraestructura y equipamiento; mientras que la **capacidad financiera** es el nivel, variabilidad y diversidad de ingresos y acceso a otro recurso financiero que combine o contribuya al bienestar.

Para la evaluación de proyectos de inversión pública, este aspecto es considerado como un factor o componente de resiliencia, asociado a la **capacidad física de las instalaciones**.