Ministerio de Desarrollo Social y Familia

Gobierno de Chile

SNI

Sistema Nacional de Inversiones

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

Documento elaborado por la División de Evaluación Social de Inversiones

Marzo, 2022

La *Metodología complementaria para la evaluación de riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública* es una herramienta desarrolla para apoyar la toma de decisiones sobre la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública. Toda la información que sea empleada para la aplicación de la metodología es responsabilidad de la institución que la emite y el Ministerio de Desarrollo Social y Familia efectuará la revisión considerando los parámetros de evaluación social de proyectos, y en ningún caso, sobre la definición o aprobación de zonas de riesgo para la construcción de proyectos de inversión.

Esta metodología no es una herramienta para determinar zonas de riesgo de desastres en Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), por lo tanto, cada proyecto de inversión deberá considerar los lineamientos de los IPT y de la Ley General de Urbanismo y Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para analizar su factibilidad, además de cumplir con las Normas de Inversión Pública y los Requisitos de Información Sectorial respectivos.

CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 5

2 OBJETIVOS Y ALCANCE 6

2.1 OBJETIVO 6
2.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA 6

3 MARCO CONCEPTUAL 7

3.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES 7
3.2 CONCEPTOS REDUCCIÓN RIESGO DE DESASTRES (RRD) 8
3.3 CONCEPTOS EN EL CONTEXTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES (SNI) 9
3.4 MEDIDAS DE GESTIÓN 11

4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA 13

4.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS 14
4.2 CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE DESASTRES (IRD) 18
4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO 28
4.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS CONVENIENTE 32

5 BIBLIOGRAFÍA 37

6 ANEXOS 38

ANEXO N° 1. GLOSARIO 38
ANEXO N° 2. CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A POTENCIALES AMENAZAS 41
ANEXO N° 3. PONDERADORES Y ESTRUCTURA MODELO MULTICRITERIO DE RIESGO DE DESASTRES 42

Índice de Tablas

Tabla N° 1. Factores y subfactores de vulnerabilidad y resiliencia. 25
Tabla N° 2. Pasos para la identificación de medidas de gestion de riesgo. 31
Tabla N° 3. Ejemplo de configuración de opciones de medida de gestion. 31
Tabla N° 4Ejemplo selección de medida de gestión más conveniente 33
Tabla N° 5. Comparación de alternativas de proyecto sin opciones de medidas de gestión de riesgo. 34
Tabla N° 6. Comparación de alternativas de proyecto con opción de medidas de gestión 35

Índice de Figuras

Figura N° 1. Curva de restauración del sistema post- desastre 11
Figura N° 2. Diagrama de Proceso Proyecto de Inversión Pública 13
Figura N° 3. Pasos de aplicación de la metodología complementaria 14
Figura N° 4. Componentes del área de studio 15
Figura N° 5. Unidad Funcional Proyecto Agua Potable Rural (APR). 16
Figura N° 6. Unidad Funcional del proyecto. 16
Figura N° 7. Identificación de amenazas del territorio mediante visor web "Chile Preparado". 17
Figura N° 8. Cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres. 19
Figura N° 9. Umbrales de tolerancia según amenaza y criticidad de servicio. 29
Figura N° 10. Medidas de Gestión de Riesgo 30

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los principales desafíos como país es la realización de obras de infraestructura en territorios cuyas características históricas han estado marcadas por desastres de origen natural y antrópicos. Esta situación se ha traducido en la pérdida de vidas humanas y en un fuerte impacto social y económico, debido a la afectación de viviendas, puentes y edificios, destrucción y daños en carreteras y puertos, así como daños en las redes de agua potable, alcantarillado y electricidad, comunicaciones, etc.

Según señala el Banco Mundial en su informe de Evaluación de Daños y Pérdidas Ocasionadas por los Desastres (2010), la frecuencia y el impacto de los desastres ha ido en aumento en los últimos años, situación que en Chile se hace evidente ya que en los últimos 35 años han ocurrido eventos destructivos en prácticamente todas las regiones del país, entre ellos: terremotos, erupciones volcánicas, remociones en masa, aluviones, tsunamis e incendios.

En términos de costos en infraestructura para el país, estos eventos han significado, para el periodo citado, una cifra aproximada de US$ 33.200 Millones, lo que representa un valor anual promedio de US$ 950 Millones, cifra que, si es comparada con el presupuesto del Ministerio de Obras Públicas, equivale aproximadamente a un 37,5% del total de su inversión anual en los últimos 9 años (SERNAGEOMIN, 2017).

Debido a lo anterior, y considerando que la presencia humana y sus actividades seguirán siendo cada vez más extensivas e intensivas en el territorio, se ha desarrollado la presente metodología complementaria para analizar y evaluar el riesgo de desastres, **y con ello seleccionar las mejores alternativas para reducirlo** en los proyectos de inversión pública.

2 OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

La presente metodología complementaria tiene por objetivo incorporar el análisis y evaluación del riesgo de desastres en la formulación y evaluación de proyectos presentados 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.

2.2 ALCANCES DE LA METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA

Esta herramienta debe ser aplicada de manera complementaria 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 estará orientada a proyectos de construcción, reposición, habilitación, mejoramientos, ampliaciones mayores y normalizaciones, en fase de preinversión, 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.

Ésta contiene las indicaciones para evaluar el riesgo de desastres asociado a las siguientes amenazas: Inundación por Tsunami, 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 una mayor resiliencia en su operación.

La presente metodología complementaria está enfocada exclusivamente a la reducción del riesgo de desastres en proyectos de edificación pública, edificaciones administrativas y edificaciones para la entrega de servicios públicos, tales como hospitales, jardines infantiles, gimnasios, entre otros. Para el caso de proyectos en redes, tales como redes de caminos y redes de agua potable, se deberá identificar previamente las secciones o sectores amenazados del proyecto donde se aplicará, mientras que proyectos que involucren incremento de resiliencia de un barrio o de un territorio, el análisis deberá considerar la exposición de las viviendas (a escala de manzana Censal INE) o predios.

La aplicación de la metodología complementaria ayudará a orientar soluciones para mejorar la resiliencia de barrios o territorios ante amenazas socio-naturales (por ejemplo, a través de la implementación de infraestructura resiliente, tales como: parques, muros de contención, u otros que puedan aumentar la resiliencia del territorio y, por ende, reducir el riesgo de desastres en él).

La presente metodología complementaria no reemplaza planes o proyectos formulados para reducir el riesgo de desastres en el territorio, por lo tanto, estos deberán efectuar consideraciones empleando herramientas más sofisticadas para la evaluación de riesgo de desastres.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES

La actual Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre (PNGRD), aprobada mediante Decreto N° 1512 de 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" (DS N° 1512, 2016).

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. Este marco tuvo 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".

En marzo del 2015 se celebró en Sendai, Miyagi (Japón), la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidades sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, ocasión en que se aprobó el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

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 vincula la reducción del riesgo de desastres con los desafíos de desarrollo y resiliencia.

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 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.

Para abordar las políticas globales de Reducción del Riesgo de Desastres, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) establece en febrero del 2016 las bases del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2018 (PNGRD), inspirado en las prioridades del Marco de Sendai, y que contempló cinco ejes estratégicos:

1. **Fortalecimiento institucional:** lograr que la RRD 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. **Fortalecimiento de la cultura de la prevención y el autocuidado:** 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 recursos permanentes de coordinación interinstitucional para fortalecer la preparación ante los desastres, con el objeto de lograr una adecuada gestión del riesgo de desastres (GRD), que asegure una respuesta oportuna, eficaz y eficiente.

Para dar cumplimiento al eje estratégico 4 "Reducción de los Factores Subyacentes del Riesgo" del PNGRD, se conformaron mesas de trabajo interinstitucionales para responder a cada uno de sus 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.

3.2 CONCEPTOS REDUCCIÓN RIESGO DE DESASTRES (RRD)

El Plan Nacional de Protección Civil, oficializado mediante Decreto Supremo N° 156 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública del año 2002, corresponde a un instrumento indicativo para la Gestión Integral del Riesgo, descentralizada de acuerdo a las realidades específicas de riesgos y de recursos de cada área geográfica del país. Este Plan indica que la acción principal de la Protección Civil está centrada en el concepto de riesgo.

Riesgo corresponde a "la potencialidad de experimentar daños y pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas o ambientales en un área particular y durante un período de tiempo definido, como consecuencia de la interacción dinámica entre alguna amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos "(ONEMI, 2016 [a]).

El año 2009, la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), define como Riesgo de Desastre 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. Asimismo, se considera que la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) corresponde a los 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 el mejoramiento ante los eventos adversos (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2014).

En el ámbito de la reducción del riesgo de desastres (RDD) se distinguen cuatro componentes: **Amenazas, Exposición, Vulnerabilidad y Resiliencia.**

3.2.1 Amenaza

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]).

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]).

3.2.2 Exposición

Está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas (ONEMI, 2016 [a]).

Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados, emplazados en áreas de amenaza. Es un *sine qua non*[1] 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]).

3.2.3 Vulnerabilidad

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]).

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 (ONEMI, 2016[a]).

[1] "Condición sin la cual no".

3.2.4 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]).

3.3 CONCEPTOS EN EL CONTEXTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INVERSIONES (SNI)

El Sistema Nacional de Inversiones (SNI) define a un **proyecto** como una "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".

Un proyecto de inversión pública viene a dar solución a un problema identificado que afecta a una determinada población objetivo, la cual corresponde a la **proporción de la población que puede ser sujeto de intervención**, y será la meta del proyecto, constituyendo la base de su alcance.

En este contexto, la **unidad funcional** corresponderá al conjunto dado por el emplazamiento del proyecto (infraestructura física) junto a su entorno inmediato. El entorno inmediato contempla a todas aquellas características físicas que determinen el correcto funcionamiento y continuidad del bien y/o servicio que se busca entregar.

Se entenderá por **Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) para un proyecto de inversión** al esfuerzo por reducir los daños y pérdidas que ocasionaría un evento de riesgo 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.

3.3.1 Componentes del Riesgo de Desastres

En el marco de la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) se entenderá por **Riesgo de Desastres (RD) de un proyecto de inversión** 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 (ver Anexo 1. Glosario[2]).

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).

3.3.1.1 Amenazas

En el contexto de proyectos de inversión pública, en esta metodología se considerará el análisis de las siguientes amenazas[3]: Inundación por Tsunami, Remoción en Masa por Flujo, Erupciones Volcánicas, Incendios Forestales.

[2] Se abordan los principales conceptos asociados al riesgo de desastres.
[3] 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.

3.3.1.2 Exposición

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

3.3.1.3 Vulnerabilidad

Se entenderá por vulnerabilidad a las características de la unidad funcional de un proyecto que lo hacen susceptible a sufrir efectos negativos[4], impidiendo la continuidad 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. Los factores determinantes de la vulnerabilidad física son: Material Estructura Principal, estado Actual y plan de Mantenimiento.

- **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. Los factores determinantes de la vulnerabilidad social son: Grupos Etarios Vulnerables Predominantes, dependencia Física Predominante de la Población Objetivo, población Potencialmente Afectada por la Interrupción del Servicio, pobreza por Ingresos y pobreza Multidimensional.

3.3.1.4 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[5]: corresponderá a todas las medidas de adaptación y/o mitigaciones presentes dentro o fuera del emplazamiento del proyecto[6], y que darán mayor capacidad de recuperación del bien o servicio durante o posterior a una catástrofe. Los factores determinantes de la capacidad física dentro y fuera del emplazamiento son: instalaciones de protección, mitigación o adaptación dentro del emplazamiento del proyecto y obras existentes de protección y/o mitigación fuera del emplazamiento del proyecto para la misma amenaza.

Resiliencia Funcional: corresponderá a todos los factores relacionados con la capacidad de recuperación del servicio de proyectos de infraestructura pública. Los factores determinantes de resiliencia funcional son: 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 al proyecto.

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

[4] 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.
[5] Se entenderá la "*capacidad*" en el contexto de resiliencia, introducido en la sección 3.2.4, y no a la capacidad entendida en términos de producción de bienes y servicios.
[6] Emplazamiento del proyecto: Corresponde al área o polígono del terreno donde está ubicado el proyecto.

local o municipal. El factor determinante de la resiliencia social a nivel local corresponde al Plan de emergencia o Plan de gestión de riesgo.

3.4 MEDIDAS DE GESTIÓN

La importancia de identificar los componentes del riesgo de desastres en una unidad funcional 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 contingencia*[7], o incorporar medidas de mitigación, que permitirán reducir el impacto del riesgo asociado a desastres.

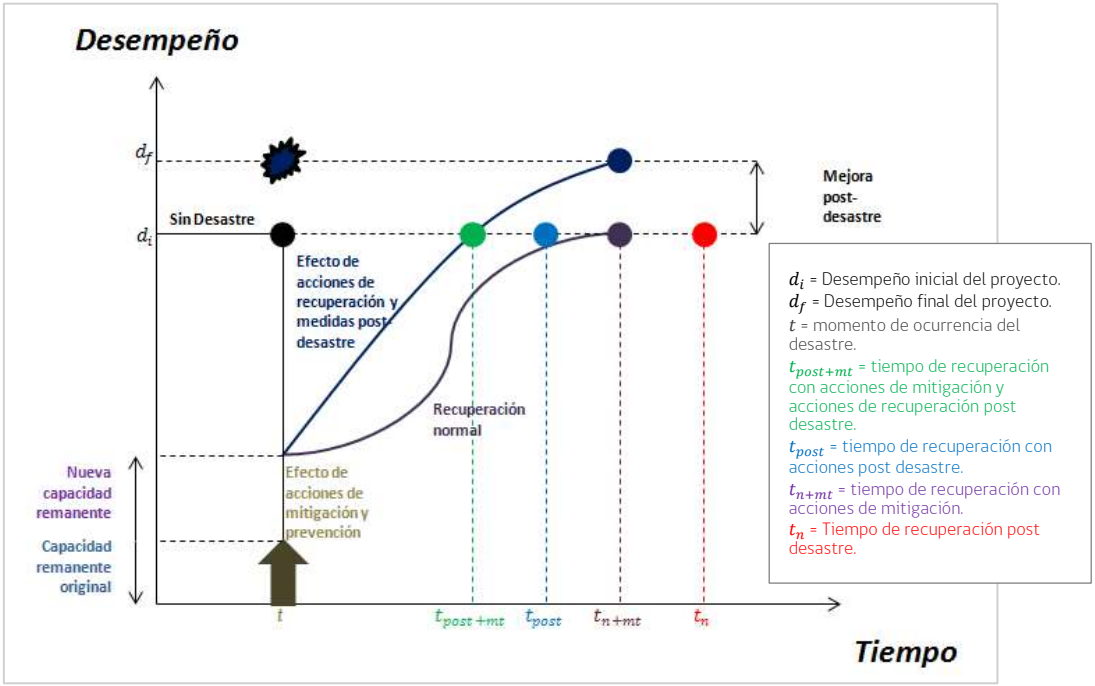
Las medidas de gestión para reducir el riesgo en una unidad funcional, tienen dos propósitos:

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 muestra cómo las acciones de reducción de la vulnerabilidad pueden influir positivamente en la curva de restauración del sistema:

Figura N° 1. Curva de restauración del sistema post- desastre



Fuente: CNID (2016)

[7] Ver en Anexo N° 1 (Glosario).

Para la identificación de medidas de gestión, la reducción del riesgo de desastres se analizará cada uno de sus componentes por separado, 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 sobre la unidad funcional.

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

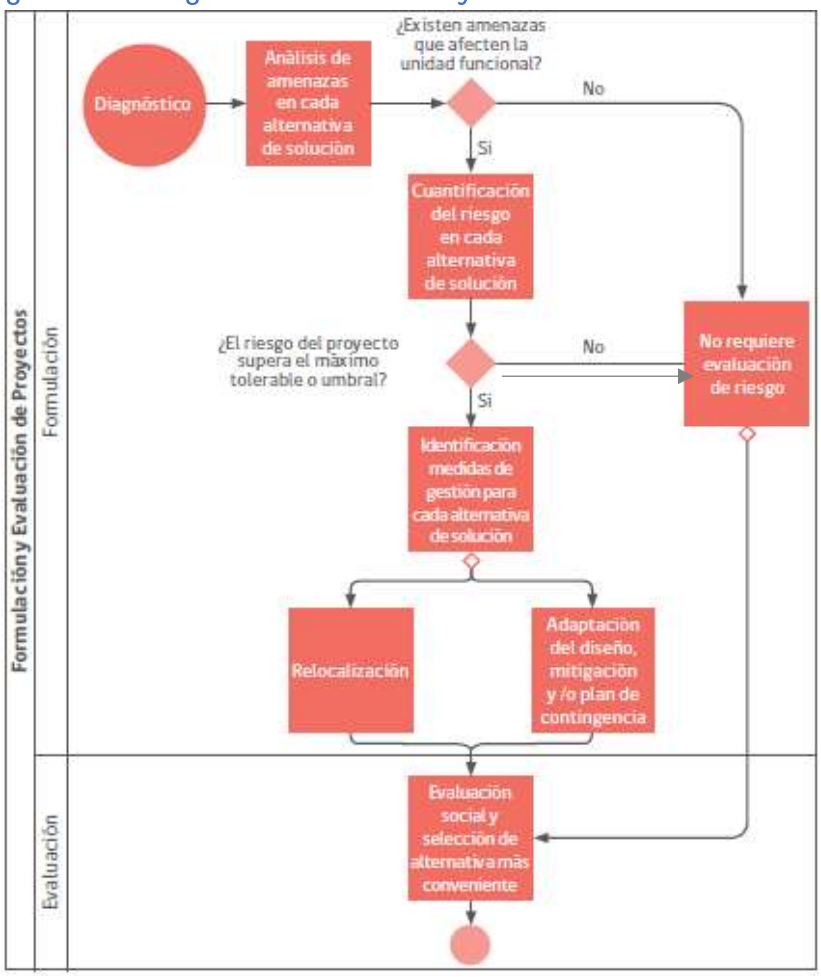
4 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

El siguiente capítulo indica el proceso de aplicación de la metodología complementaria para el análisis y evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura pública. Como ya fue mencionado, esta metodología debe ser aplicada de manera complementaria a la formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI, en su fase de preinversión.

Ahora bien, para cada **alternativa de solución** identificada en la formulación del proyecto, se debe efectuar el análisis de amenazas. Si se identifica 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. Si el riesgo estimado supera el máximo tolerado, se debe identificar y seleccionar el conjunto de opciones de medidas de gestión más convenientes para reducirlo.

La figura N°2 indica el proceso por el cual un proyecto que ingresa al SNI debe analizar la pertinencia de evaluar el riesgo de desastre.

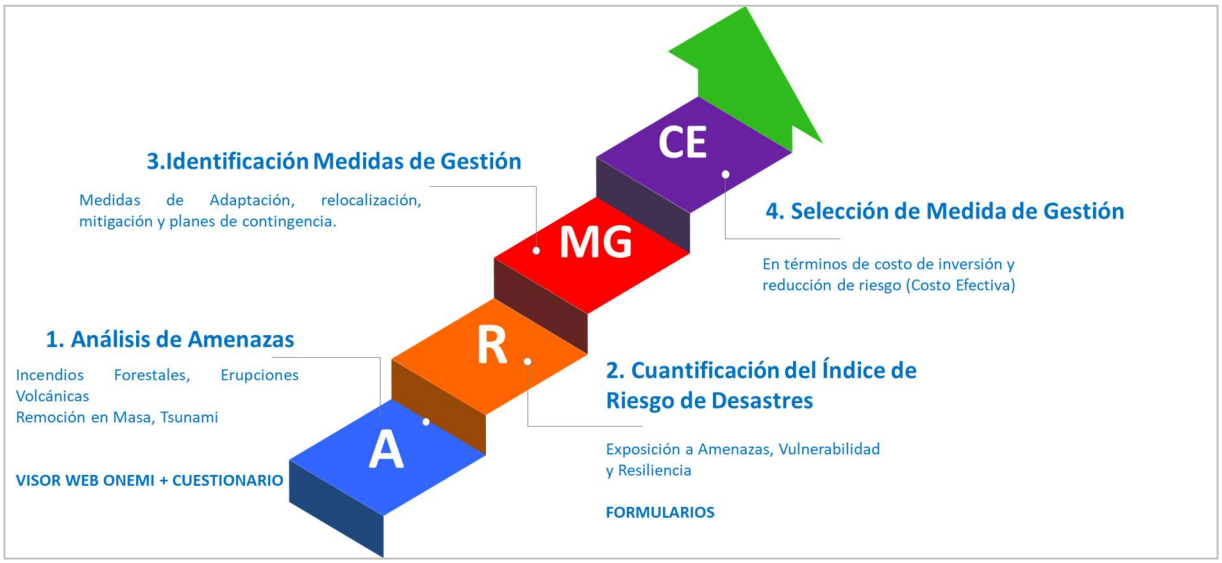
Figura N° 2. Diagrama de Proceso Proyecto de Inversión Pública



Fuente: Elaboración propia.

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° 3).

Figura N° 3. Pasos de aplicación de la metodología complementaria



Fuente: Elaboración Propia

En la primera etapa, **Análisis de Amenazas,** se efectúa el diagnóstico preliminar del territorio, para detectar la exposición a amenazas en la unidad funcional.

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 amenazas, vulnerabilidad y resiliencia y, de este modo, plantear medidas de gestión que permitan reducir el IRD cuando este sobrepase el umbral de tolerancia.

En la tercera etapa de la metodología, I**dentificación de Medidas de Gestión**, se deberán proponer opciones o acciones para la reducción del riesgo asociado a la alternativa de solución que se está analizando, tales como: medidas de mitigación, adaptación y planes de contingencia, que permitirán reducir el IRD en distinto grado.

Finalmente, la cuarta etapa de la metodología corresponde a la **Selección de Alternativa de Solución** más conveniente para la reducción de riesgo, aplicando el criterio de decisión adecuado, indicado en esta metodología (sección 4.4.2).

4.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS

El **análisis de amenazas** tiene por objetivo detectar 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:

1. **La identificación de la unidad funcional,** que consiste en caracterizar el área de emplazamiento y entorno inmediato de la alternativa de solución.

2. **El análisis de exposición a amenazas,** que corresponde a la identificación de las zonas afectadas por amenazas presentes en la unidad funcional, mediante la aplicación de herramientas de información geográfica y un cuestionario.

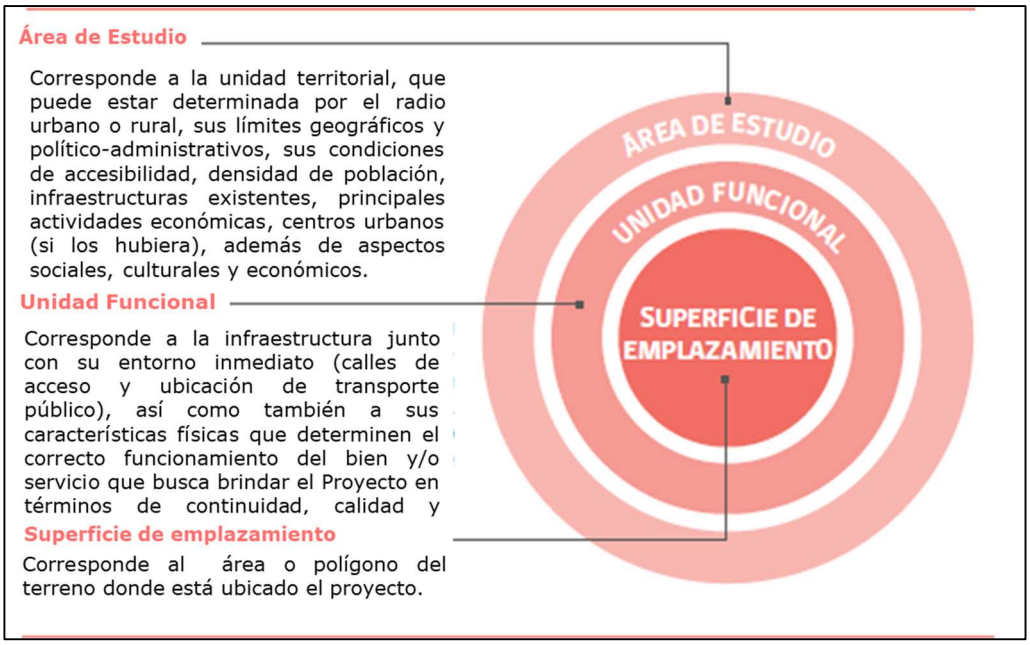
3. **La identificación del área afectada,** que corresponde a la intersección entre la unidad funcional y la zona afectada por amenazas.

4.1.1 Identificación de la unidad funcional

La unidad funcional es un componente del área de estudio, y corresponde al entorno inmediato de la alternativa de solución (calles de acceso y ubicación de paraderos de transporte público, que especificarán los puntos desde donde accederá la población objetivo), así como también a sus características físicas que determinan el correcto funcionamiento del bien y/o servicio que busca brindar el proyecto en términos de continuidad, calidad y cantidad.

El **área de estudio** tiene por propósito ser la unidad de análisis a nivel territorial, siguiendo 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 deberá ser destacado en las características propias del entorno. La relación entre los componentes se puede observar en la Figura Nº4.

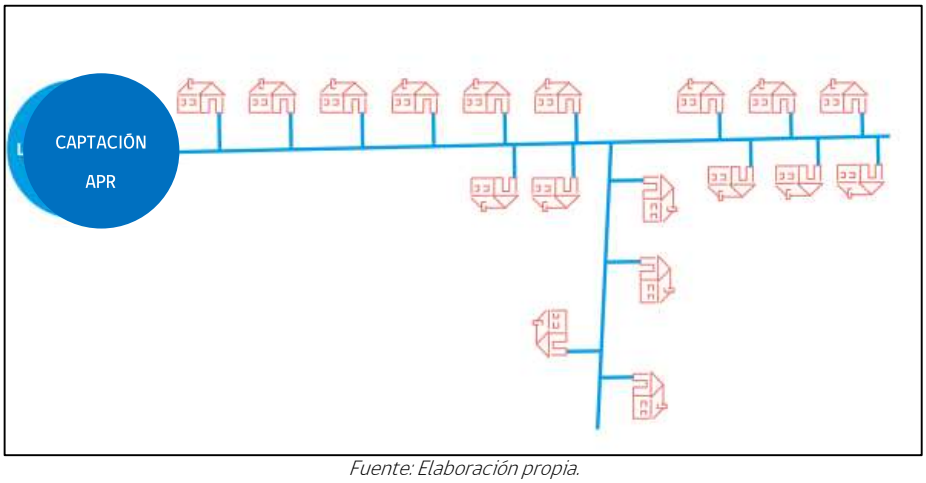
Figura N° 4. Componentes del área de studio.



Fuente: Elaboración propia

Para determinar la **unidad funcional** de un proyecto, el formulador debe visualizar en el territorio, el funcionamiento del proyecto en su conjunto, considerando cuál es el producto final a entregar y el beneficiario de este bien y/o servicio. Por ejemplo, para un proyecto de agua potable rural (APR) (Ver Figura Nº5), 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.

Figura N° 5. Unidad Funcional Proyecto Agua Potable Rural (APR).



Fuente: Elaboración propia.

La unidad funcional podrá variar dependiendo de las vías de acceso, cuando se trata de un área urbana o rural. Por ejemplo, en la Figura N° 6 se identifica con un 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 le otorgan acceso vehicular directo. De esta manera, la unidad funcional del proyecto corresponde al acceso vial más el área de emplazamiento y su entorno inmediato, delimitado por el perímetro en amarillo. 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.

Como ya fue mencionado, la unidad funcional corresponderá a la superficie de emplazamiento del proyecto con todos sus componentes junto con su entorno inmediato. No obstante, para efectos de la aplicación de la metodología, se podrá efectuar el análisis y evaluación de riesgo por instalación, específicamente en proyectos que contemplan varias instalaciones de obras civiles.

Figura N° 6. Unidad Funcional del proyecto.

Fuente: Google Earth, Isla Robinson Crusoe

4.1.2 Análisis de exposición a amenazas

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

4.1.2.1 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**, 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 Figura N° 7). 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 Preparado" 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 Subsecretaria para Fuerzas Armadas
  - Áreas de evacuación costera: Recopilación de Plano de evacuación de municipios costeros.
- **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.

Figura N° 7. Identificación de amenazas del territorio mediante visor web "Chile Preparado".

Fuente: Comuna de Juan Fernández, Valparaíso. Visor Web ONEMI. Línea verde indica cota 30.

4.1.2.2 Cuestionario: Identificación de otras amenazas

Adicional al análisis anterior, el formulador deberá aplicar un cuestionario - que corresponde a una herramienta complementaria - que determinará, 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°2. Cuestionario de exposición a potenciales amenazas).

El cuestionario da una visión general de la existencia de amenazas sobre la unidad funcional, permitiendo detectar otros 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 preparado" o por medio del cuestionario, entonces será necesario continuar con el proceso de evaluación de riesgo.

4.1.3 Identificación del área total afectada

El **área total afectada** corresponde a la intersección entre la unidad funcional y la unión de las zonas expuestas, parcial o totalmente, a amenazas. Cuando la unidad funcional esté en una zona expuesta (parcial o totalmente) a amenazas, entonces debe efectuarse la evaluación de riesgo.

Ahora bien, para el caso de proyectos en redes, tales como, redes de caminos y redes de agua potable, deben ser identificadas previamente las secciones del proyecto donde este se vea amenazado, para cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres (IRD) de las secciones expuestas a amenazas, mientras que para 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, siendo la unidad funcional su entorno inmediato y accesos.

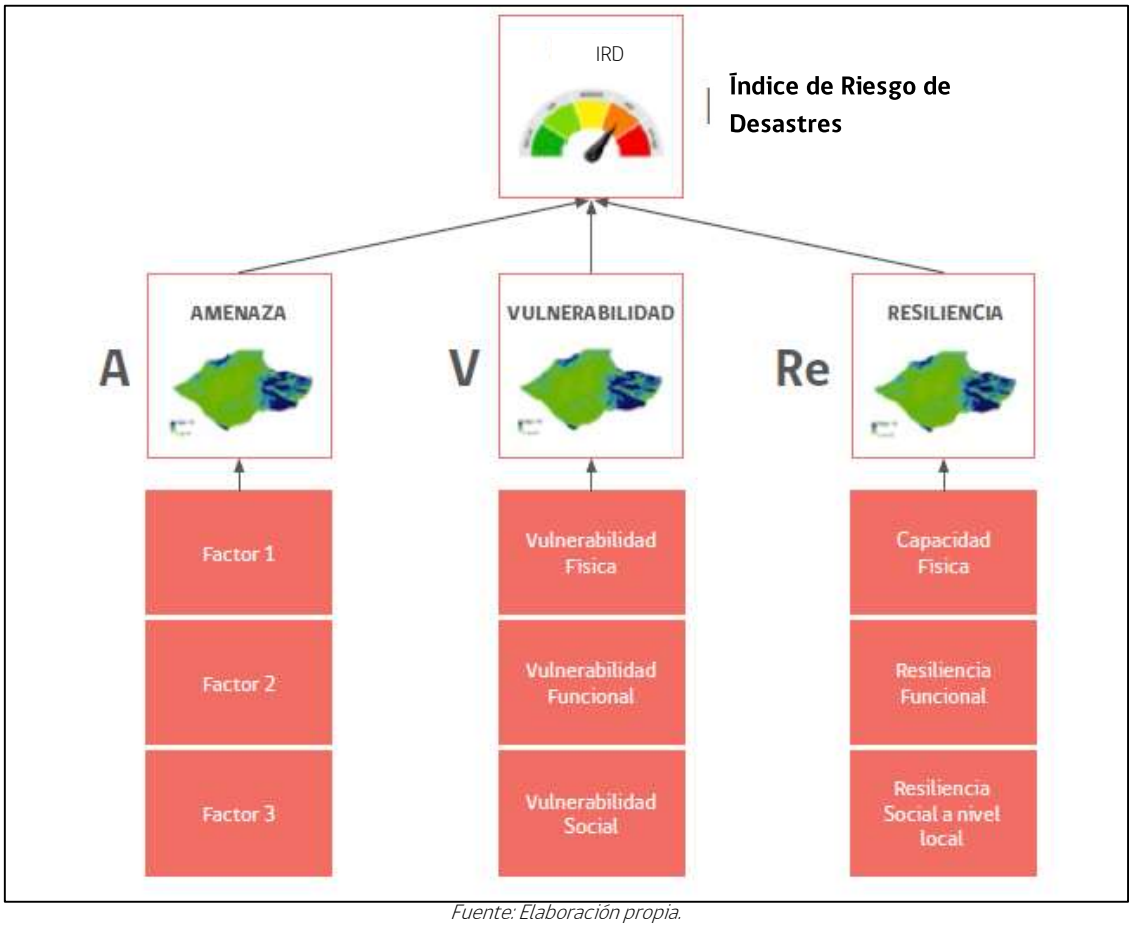
4.2 CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE DESASTRES (IRD)

En esta etapa, el formulador deberá cuantificar el Índice de Riesgo de Desastres (IRD) asociado a cada alternativa de solución del proyecto. Según UNISDR (2009), 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..."*.

La ***cuantificación del índice de riesgo de desastres sin medidas de gestión*** consiste en valorar, de acuerdo con el Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres de Proyectos de Infraestructura Pública, 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 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°8).

Figura N° 8. Cuantificación del Índice de Riesgo de Desastres.



Fuente: Elaboración propia.

La determinación del nivel total de riesgo estará dada por la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IRD_a = E_a \cdot V_a \cdot (1 - Re_a)$$

Donde,

IDR_a = Índice de Riesgo de Desastres del proyecto de la amenaza a, siendo a= 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.

Cuando el proyecto se vea afectado por más de una amenaza, entonces deberá estimarse el IRD para cada amenaza de manera independiente.

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 (ver Anexo N° 3). Para facilitar la estimación del nivel de riesgo, se cuenta con un Software en Excel desarrollado para estos efectos. Las escalas para valorar los factores que determinan los niveles de exposición, vulnerabilidad y resiliencia se detallan en documento suplementario denominado "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

4.2.1 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°3). Las amenazas abordadas en esta metodología y los factores que inciden en su calificación son:

- **Inundaciones por Tsunamis:** Altura de inundación.
- **Erupciones Volcánicas**: Flujo volcánico, Caída de Piroclastos.
- **Remoción en Masa por Flujos:** Condicionantes de Generación, Área de Alcance.
- **Incendios Forestales:** Distancia, Pendiente, Masa Combustible.

Cada amenaza debe ser analizada considerando el grado de exposición de la unidad funcional.

4.2.1.1 Inundación por Tsunamis

Todas las zonas costeras del mundo pueden ser afectadas por tsunamis; dada la extensión de las costas de Chile, nuestro país está particularmente expuesto a esta amenaza, no solo producto de sismos que ocurran en el país, sino también por aquellos que ocurren en latitudes y/o longitudes opuestas puedan generar tsunamis que afecten las costas chilenas.

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

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/php/citsu.php

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 tsunami (CITSU), y el proyecto se sitúe bajo la cota 30 en una zona costera, se deberá calificar la exposición al riesgo por tsunami con nivel "muy alto".

4.2.1.2 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 a su envergadura considerando la magnitud o el Índice de Explosividad Volcánica*" (ONEMI, 2016 [b]).

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. Estos mapas se encuentran disponibles en el siguiente sitio web: http://portalgeo.sernageomin.cl/Visor/[8]

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

Flujo Volcánico

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

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[b]); 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[b]); el flujo piroclástico se refiere a "*Nube o corriente densa formada por piroclastos (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 ºC) 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[b]).

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 en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

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[b]).

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 en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

Finalmente, el puntaje de la exposición para la amenaza erupciones volcánicas, se calculará ponderando cada uno de los subfactores señalados:

[8] En caso de la existencia de más de un mapa de amenaza o peligro volcánico para un solo volcán, el orden de relevancia en uso corresponderá al siguiente:

- Mapas específicos (generalmente escala 1:50.000 ó 1:75.000)
- Mapas regionales (generalmente escala 1:200.000 ó 1:250.000)
- Mapa nacional (escala 1:2.000.000) utilizar sólo cómo referencia, se requiere de un estudio de mayor detalle.

$$E_{er.volcánica} = \sum_{i=1}^{5} SF_i \cdot PSF_i$$

Donde,

$E_{er.volcánica}$ = Puntaje de la exposición a amenaza de erupciones volcánicas.

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

PSF_i = Ponderador subfactor i, indicado en modelo multicriterio.

4.2.1.3 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 clasifican 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.

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 de SERNAGEOMIN, disponibles en el sitio web del Visor GEOMIN[9].

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, y 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).

Condicionantes de Generación

Este factor tiene por propósito dimensionar el peligro de variables externas, generalmente asociadas al clima local y eventos sísmicos, así como a acciones antrópicas.

Los factores desencadenantes o detonantes 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, geomorfológicos y/o antrópicas del área, pero que, por lo general, se originan por las condiciones medio-ambientales en un periodo de tiempo definido.

Los subfactores desencadenantes relacionados son: Pendiente de Ladera, Coeficiente de Escorrentía, Suelo de Fundación; los que deberán ser valorados según escala de valoración detallada en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

[9] Visor GEOMIN, disponible en el sitio web: http://portalgeo.sernageomin.cl/Visor/

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

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

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)

Área de Alcance

Este 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 gatillantes o detonantes 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 documento suplementario denominado "*Manual de* Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública"

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

$$E^{AA}_{rem.en\ masa} = \sum_{i=1}^{3} SF_i \cdot PSF_i$$

Donde,

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

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

PSF_i = Ponderador subfactor i (indicado en modelo multicriterio).

4.2.1.4 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, siendo este último 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 se efectuará por la siguiente ecuación[10]:

$$E_{Incendios\ Forestales} = \max_{c\in\{1,\ldots,m\}} [M_c \cdot (1 - D_c \cdot \cos(P_c))]$$

Donde,

[10] Fórmula propuesta por el Sr. Claudio Garuti y desarrollada con la mesa de trabajo de protección civil de Incendios Forestales.

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

M_c = Masa combustible de celda[11] 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 centroide de la celda c, donde c = 1 hasta m.

P_c = Pendiente (en grados) de la celda c, donde c = 1 hasta m.

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

Área de Afectación

El área de afectación corresponderá a la unidad funcional del proyecto más un área circundante (o buffer) de hasta 100 metros a la redonda[12]. Para efectuar el análisis, se deberá subdividir esta área en celdas de 50 metros por 50 metros, con el fin de determinar la exposición a la amenaza de incendios forestales según las características topográficas y de vegetación del área circundante al proyecto.

Pendiente

La intensidad de los incendios forestales se ve incrementada cuando la el área en análisis posee una mayor 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. Lo anterior es especialmente relevante en zonas de quebradas, donde además el viento circula con mayor intensidad, por lo cual la expansión del incendio puede alcanzar mayor envergadura en un menor tiempo.

Cobertura Vegetal

Se deberá caracterizar las condiciones de vegetación en el área de afectación, 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 bosque nativo, basural, pastizal, plantación forestal, matorral o desecho forestal, así como también casas de material ligero, en la medida que estén presentes en el área de afectación. 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 en el documento suplementario denominado "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

4.2.2 Factores de Vulnerabilidad y Resiliencia

Llos factores que determinan la vulnerabilidad y resiliencia son:

- **Vulnerabilidad**: Vulnerabilidad Física, Vulnerabilidad Funcional y Vulnerabilidad Social.
- **Resiliencia**: Capacidad física dentro y fuera del emplazamiento del proyecto, Resiliencia Funcional y Resiliencia Social a Nivel Local.

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.

[11] Celda: superficie de 50 metros por 50 metros.
[12] Este valor de 100 metros fue determinado mediante un trabajo con expertos, que incluyó a profesionales de CONAF, Bomberos, PDI, etc.

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.

Los análisis de vulnerabilidad y resiliencia deberán ser aplicados cuando la unidad funcional del proyecto se vea expuesta a alguna amenaza, considerando los siguientes ámbitos, factores y subfactores:

Tabla N° 1. 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: Elaboración propia.

4.2.2.1 Vulnerabilidad

El análisis de 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[13], 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 la interrupción en la entrega de los bienes y/o servicios asociados al proyecto.

Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad estará condicionado por los siguientes factores: Vulnerabilidad Física, Vulnerabilidad Funcional, Vulnerabilidad Social.

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[14].

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

[13] Si se analiza un proyecto en un proceso de construcción, se considerará que el estado actual de la infraestructura corresponde a nueva.
[14] Si el proyecto provee nueva infraestructura, el estado actual se considerará como obra nueva; mayores detalles se presentan en el *"Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública".*

Vulnerabilidad Funcional

La valoración de la vulnerabilidad funcional tiene por propósito determinar el grado de importancia de mantener la 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.

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:

$$V_{ai} = \sum_{i=1}^{3} Vf_{ai} \cdot PSF_i + \sum_{i=1}^{3} Vfu_{ai} \cdot PSF_i + \sum_{i=1}^{4} Vs_i \cdot PSF_i$$

Donde,

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

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_{ai} = 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_{ai} = Puntaje estimado para la Vulnerabilidad social 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.

PSF_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 documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

4.2.2.2 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 evaluar la capacidad de reponer, sustituir, mantener el servicio y actividades económicas productivas.

El análisis de resiliencia está condicionado por los siguientes factores: Capacidad Física dentro y fuera del Emplazamiento, Resiliencia Funcional, Resiliencia Social a Nivel Local.

Capacidad física dentro y fuera del emplazamiento

Esta valoración 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[15] 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 cuantificados según escala de valoración detallada en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

Resiliencia Funcional

La valoración de la resiliencia funcional tiene por propósito determinar la capacidad para absorber la demanda durante y posterior a una catástrofe, dando continuidad operacional, así como la posibilidad de reponer en corto tiempo la entrega de los bienes y/o servicios del proyecto, a través de la implementación de planes de continuidad operacional, de manera de asegurar el funcionamiento de servicios básicos a través de instalaciones de emergencia, características de conectividad y la propia redundancia del servicio que entrega el proyecto.

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 cuantificados según escala de valoración detallada en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

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 ser cuantificado según escala de valoración detallada en el documento suplementario "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

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

$$Re_{ai} = \sum_{1}^{2} Ref_{ai} \cdot PSF_i + \sum_{1}^{4} Refu_{ai} \cdot PF_i + Ret_{ai} \cdot PF_i$$

Donde,

Re_{ai} = Puntaje estimado para la resiliencia 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.

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_{ai} = 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.

[15] Para mayores detalles, revisar el "*Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública*".

PSF_i = Ponderador subfactor i, de acuerdo con el modelo multicriterio (ver Anexo N°3).

4.2.3 Cuantificación Total del Índice de Riesgo de Desastres

La estimación del Índice de Riesgo de Desastres (IRD) 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 estimación permite comparar la situación sin medidas de gestión de reducción de riesgos versus la situación con medidas de gestión (ver Sección 4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO) y así seleccionar la alternativa de proyecto más medidas de gestión más conveniente, que permita disminuir el riesgo al máximo tolerable de la manera más eficiente.

Para facilitar el cálculo del índice, el formulador del proyecto podrá hacer uso de un Software para la estimación del Índice de Riesgo de Desastres, para obtener de manera rápida el puntaje del IRD del proyecto en su condición original o sin medidas de gestión.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEDIDAS DE GESTIÓN DE RIESGO

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

1. Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo.
2. Identificación de medidas de gestión de riesgo.
3. Configuración de alternativa de proyecto incorporando las medidas de gestión.

4.3.1 Verificación del máximo nivel de tolerancia de riesgo

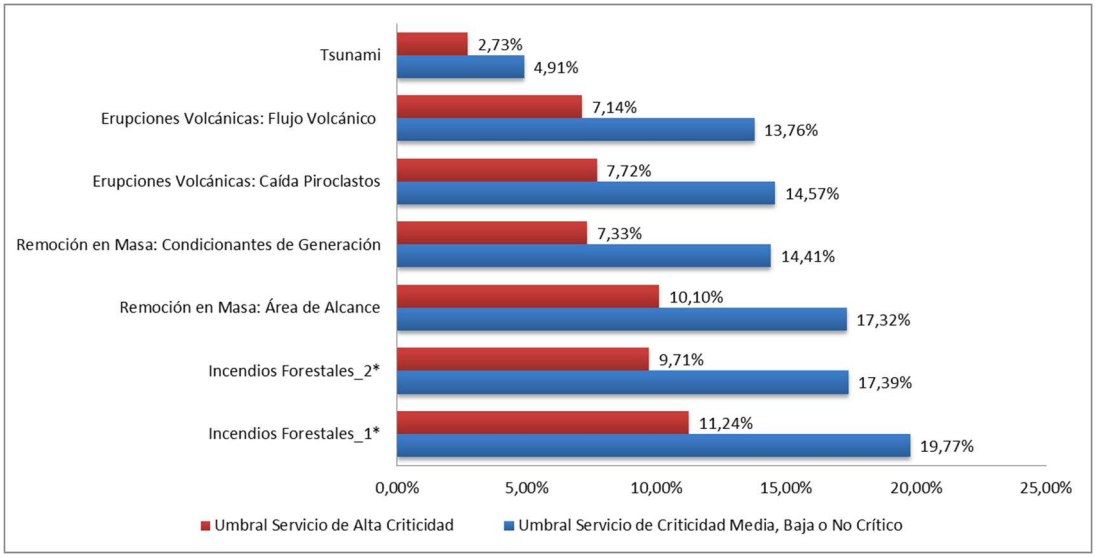
El nivel de tolerancia máximo indica el máximo riesgo que debería tener la alternativa de proyecto.

Cuando una alternativa de proyecto presente un IRD menor al nivel de tolerancia o umbral, entonces no será necesario implementar medidas de gestión para la reducción del riesgo. Al contrario, cuando una alternativa de proyecto supere el nivel de tolerancia o umbral, se deberán identificar medidas de gestión para reducir los factores y subfactores críticos que superan el umbral y, seleccionar la opción de medida de gestión más conveniente.

El nivel de **tolerancia máximo (o umbral) está determinado según amenaza y criticidad del servicio**[16], por lo tanto, los proyectos de infraestructura pública que se vean expuestos a amenazas no deberán superar los siguientes umbrales:

[16] Ver escala de Criticidad del Servicio en el *Manual de Escalas para la Cuantificación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Pública".*

Figura N° 9. Umbrales de tolerancia según amenaza y criticidad de servicio.



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: ILPES-CEPAL, 2017.

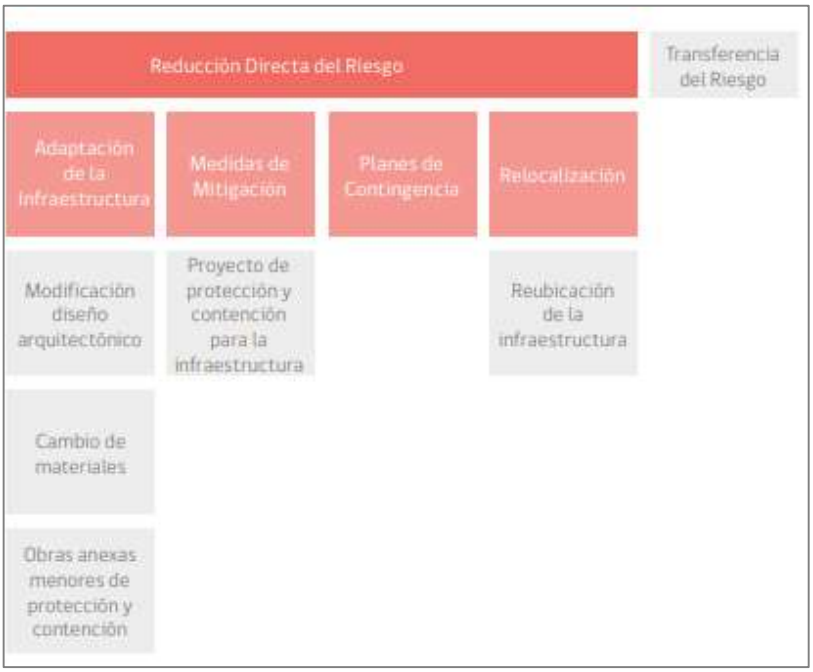
4.3.2 Identificación de medidas de gestión

La formulación y evaluación de proyectos que ingresan al SNI, en fase de preinversión, identifican alternativas de solución al problema identificado en el diagnóstico, mediante un proyecto de inversión; cada una de dichas alternativas de solución planteadas deberá cuantificar su nivel de riesgo según el IRD. Las alternativas que presenten un nivel de riesgo superior al nivel de tolerancia deberán identificar los factores que influyen mayormente en dicho 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 de dicha alternativa de proyecto.

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

Recurrentemente, podrán existir varias opciones para disminuir el riesgo, siendo importante identificarlas para luego seleccionar la más conveniente en términos socioeconómicos. La Figura Nº10, a continuación, indica las medidas de gestión del riesgo existentes para un proyecto de infraestructura.

Figura N° 10. Medidas de Gestión de Riesgo.



Fuente: Elaboración propia.

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

Por otro lado, reducir el riesgo mediante transferencia (seguros) no disminuirá directamente los daños y consecuencias de una infraestructura afectada por un desastre, sin embargo, 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 la alternativa de proyecto permitirá 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 de la alternativa de proyecto y así disminuir la exposición a la amenaza y, por lo tanto, el riesgo asociado a la misma.

Identificadas las medidas de gestión, el formulador deberá caracterizarlas, 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 a la alternativa de proyecto, para generar un repositorio de opciones de medidas de gestión adecuadas para la reducción de riesgo.

4.3.3 Configuración de opciones de medidas de gestión de riesgo

La configuración de alternativas vincula la formulación y evaluación de proyectos tradicional (alternativas de solución de proyecto) con la definición de opciones de medidas de gestión de riesgo 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 fase de preinversión, para que respondan eficientemente a las amenazas identificadas.

Para identificar las medidas que califiquen como opciones de reducción del riesgo, se recomienda hacer y responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de medidas o acciones son posibles de implementar para reducir 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?
- ¿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 estas preguntas, se recomienda construir una tabla por tipo de amenaza que afecte a cada alternativa de proyecto, con el propósito de obtener **opciones de medidas de gestión del riesgo** acorde a su necesidad.

Se debe tener claro que las opciones de gestión del riesgo deberán responder al problema que dio origen al 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 opciones de las medidas de gestión de riesgo son los siguientes:

Tabla N° 2. Pasos para la identificación de medidas de gestion de riesgo.

Paso	Descripción
1	Enumerar los tipos de medidas de gestión posibles para reducir el o los riesgos identificados en la evaluación.
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).
3	Categorizar opciones de medidas de gestión complementarias.
4	Obtener opciones de medidas de gestión del riesgo agrupadas, considerando todas aquellas que son complementarias entre sí.
5	Seleccionar las opciones factibles de implementar.

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, la Tabla Nº3 indica las opciones de medida de gestión factibles para abordar la problemática de inundación por tsunami de una iniciativa de inversión en una localidad determinada.

Tabla N° 3. Ejemplo de configuración de opciones de medida de gestion.

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

Fuente: Elaboración propia.

Una vez configuradas las opciones 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 la estructura de costos (empleando precios sociales), tamaño y capacidad.

4.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN MÁS CONVENIENTE

Esta etapa consiste primeramente en seleccionar las opciones de medidas de gestión más convenientes en cuanto a la reducción del riesgo y eficiencia de las mismas, para cada alternativa de proyecto analizada, para posteriormente seleccionar la alternativa de proyecto más conveniente, incorporando en ellas las medidas de gestión del riesgo previamente seleccionadas.

Para la selección de las **medidas de gestión** más efectivas y convenientes en términos económicos y de reducción de riesgo para una alternativa en particular, el enfoque de evaluación adoptado es **costo eficiencia**. Sin embargo, para la **selección de la alternativa de solución de proyecto** más conveniente – incorporando las medidas de gestión del riesgo – deberá 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, los Requisitos de Información Sectorial (RIS) y las metodologías sectoriales vigentes en el SNI.

Por ende, para la selección de la alternativa de solución más conveniente se deben abordar los siguientes pasos:

1. Selección de medidas de gestión del riesgo más convenientes, para cada alternativa de proyecto.
2. Selección de la alternativa de solución de proyecto más conveniente, incorporando las medidas de gestión seleccionadas en el paso 1.

4.4.1 Selección de medidas de gestión más convenientes para cada alternativa de proyecto.

Dada la dificultad de valorizar los beneficios asociados al riesgo de desastres, se asumirá que los beneficios asociados a la reducción del riesgo son mayores que los costos de las medidas de gestión vinculadas a la alternativa de proyecto en análisis, justificándose así el enfoque **costo-eficiencia** para la selección de las medidas de gestión más convenientes en términos económicos, siendo el criterio de decisión el Valor Actual de los Costos (VAC) para medidas de gestión que presenten igual vida útil; en caso contrario, se deberá emplear como criterio de decisión el Costo Anual Equivalente (CAE), considerando que las medidas de gestión pueden ser repetibles a lo largo de la vida útil del proyecto.

Todas las opciones de medidas de gestión i que no logren reducir el IRD de la alternativa de proyecto al máximo tolerable 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 opción de medidas de gestión más eficientes en términos económicos.

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

$$VAC_i = IM_i + \sum_{t=1}^{n} \frac{CT_{it}}{(1+r)^t} - \frac{VR_i}{(1+r)^n}$$

Donde,

VAC_i = Valor actual de los costos de la de medida de gestión i.

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

CT_{it} = Costo Total de operación y mantenimiento de la alternativa de medida de gestión i, año t.

VR_i = Valor Residual de la alternativa de medida de gestión i.

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

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Para aquellas opciones de medidas de gestión que presenten distinta vida útil, el criterio de decisión corresponderá al **menor Costo Anual Equivalente** (CAE), que debe ser calculado considerando:

$$CAE_i = VAC_i \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1}\right]$$

Donde:

CAE_i = Costo Anual Equivalente de la opción de medida de gestión i.

VAC_i = Valor actual de los costos de la opción de medida de gestión i.

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

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Por ejemplo, en la Tabla Nº 4 se presenta el caso de un hospital, con servicio de alta criticidad. Para esta alternativa de solución fueron identificadas dos opciones de 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 opción de medida de gestión 1, con un VAC de $900.

Tabla N° 4Ejemplo selección de medida de gestión más conveniente

Amenaza por Tsunami (alta criticidad): Hospital	Alternativa de solución sin medida de gestión	Opción de medida de gestión 1	Opción de medida de gestión 2
Índice de Riesgo de Desastres	**6%**	**2,65%**	**2,10%**
Valor Actual de los Costos (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 opción de medida de gestión más económica y que presente un IRD menor al umbral.

4.4.2 Selección de la alternativa de solución de proyecto más conveniente

Para la selección de la alternativa de solución más conveniente - incorporando las medidas de gestión del riesgo - el criterio de decisión corresponderá al propio del sector, subsector o tipo de proyecto, señalado en las Normas e instrucciones de inversión pública (NIP), los Requisitos de Información Sectorial (RIS) y las metodologías sectoriales vigentes en el Sistema Nacional de Inversiones (SNI). Por lo tanto, proyectos que sean evaluados bajo el enfoque costo-beneficio, deberán incorporar en su flujo de evaluación los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de las medidas de gestión seleccionadas en la etapa anterior, así como sus beneficios, escogiendo la alternativa de solución más conveniente en términos de rentabilidad.

Para el caso de proyectos evaluados bajo el enfoque de costo-eficiencia, estos deberán incorporar los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de las medidas de gestión seleccionadas al flujo de evaluación de la alternativa de solución de proyecto, escogiendo la alternativa de solución más conveniente, utilizando el criterio de decisión propio del tipo de proyecto que esté siendo evaluado; por ejemplo, para el caso de un proyecto de salud, el indicador económico a considerar como criterio de decisión será el Costo Anual Equivalente por Atención (CAEA).

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 Social mayor o igual a cero ($VAN_k \geq 0$).
- Se selecciona la opción de medidas de gestión i - con menor CAE o VAC, según corresponda - para cada alternativa de solución del proyecto k (es decir, cada alternativa de proyecto selecciona la opción de medidas de gestión con menor indicador costo-eficiencia).
- Se deberá calcular el Valor Actual Neto Social (VAN) de cada alternativa de solución k, incorporando en el flujo los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento y valor residual de la opción de medidas de gestión de riesgo i, así como sus beneficios:

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

Donde,

VAN_{ki} = Valor Actual Neto de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

I_{ki} = Costo de inversión de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

FT_{kit} = Flujo de Beneficios Netos de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i, al año t.

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

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

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

El criterio de decisión es seleccionar aquella alternativa de proyecto - incorporando la opción de medidas de gestión del riesgo - con mayor VAN social.

Por ejemplo (Tabla N°5), para un proyecto de transporte interurbano con alta criticidad, que presenta un IRD sobre el umbral, deberán seleccionar - para cada alternativa de proyecto - las opciones de medidas de gestión más económicas, es decir, con el menor Costo Anual Equivalente (CAE) o Valor Actual de los Costos (VAC), según corresponda. Sin embargo, el primer paso será descartar aquella o aquellas alternativas de proyecto con VAN social negativo. Por ejemplo, para el caso presentado en la Tabla N°4, 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° 5. Comparación de alternativas de proyecto sin opciones de medidas de gestión de riesgo.

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad): Transporte Interurbano	Alternativa de solución 1	Alternativa de solución 2	Alternativa de solución 3
IRD 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 proyecto que no sean rentables socialmente sin incorporar opciones de medidas de gestión de riesgo, deberán incorporarse a cada una de las alternativas restantes los costos de inversión, costos de operación y mantenimiento, beneficios (e.g. ahorros de costos[17]) y valor residual al flujo de evaluación y estimar el Valor Actual Neto Social (VAN) de la opción de medidas de gestión más conveniente en cada caso.

Para que las alternativas de proyecto - incorporando las opciones de medidas de gestión - sean comparables, deben presentar un IRD bajo el umbral, para seleccionar finalmente la alternativa de

[17] Por ejemplo, la relocalización puede tener un efecto en el ahorro de tiempo de viaje, ahorro de costo de combustible, entre otros. Esto dependerá de las características del proyecto.

proyecto con opción de medidas de gestión más conveniente, que corresponderá a aquella que presente el mayor Valor Actual Neto (VAN).

En el caso ejemplo de la Tabla Nº 6, correspondería escoger la alternativa de solución 2 con medidas de gestión del riesgo, ya que presenta un VANS de 9.662, superior al VAN de la alternativa de solución 1, incorporando medidas de gestión del riesgo.

Tabla N° 6. Comparación de alternativas de proyecto con opción de medidas de gestión

Amenaza por Tsunami (Alta criticidad): Transporte Interurbano	Alternativa de solución 1 con medidas de gestión	Alternativa de solución 2 con medidas de gestión
IRD con medidas de gestión (umbral 2,73%)	2,65%	2,0%
Costo Anual Equivalente de las medidas de gestión (CAE)	900	1000
VAN con medidas de gestión	9.539	**9.662**

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Costo-Eficiencia

Para proyectos formulados y evaluados bajo en enfoque costo-eficiencia, para cada alternativa de proyecto k con opción de medidas de gestión del riesgo i, se deberá calcular el "Valor Actual de los Costos" (VAC) de la siguiente manera

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

Donde,

VAC_{ki} = Valor actual de los costos de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

I_{ki} = Costo de inversión de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

CT_{kit} = Costo total de operación y mantenimiento de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i, al año t.

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

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

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

Si el **criterio de decisión** sectorial corresponde al Valor Actual de los Costos, se deberá seleccionar aquella alternativa de proyecto - incorporando sus medidas de gestión del riesgo - que presente un menor VAC.

Si el **criterio de decisión** sectorial se basa en el menor Costo Anual Equivalente, se deberá construir para alternativa de solución k el CAE incorporando su mejor opción de medidas de gestión del riesgo i de la siguiente manera, para posteriormente escoger aquella alternativa que - incorporando sus medidas de gestión, presente el menor CAE:

$$CAE_{ki} = VAC_{ki} \cdot \left[\frac{(1+r)^n \cdot r}{(1+r)^n - 1}\right]$$

Donde:

CAE_{ki} = Costo Anual Equivalente de la alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

VAC_{ki} = Valor actual de los costos de alternativa k, con opción de medidas de gestión i.

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

n = Horizonte de evaluación del proyecto.

5 BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado y Spolmann (2009), Análisis de competencia de sector de la construcción chileno y sus procesos de licitaciones públicas de contratos de obras: Estructura, Agentes y Prácticas, estudio realizado para la Fiscalía Nacional Económica.
2. Cepal (2003), Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres.
3. Cepal (2012). Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe.
4. 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 and Wenchuan Earthquake Disaster Atlas as Examples.http://www.oecd.org/finance/insurance/43684372.pdf
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. ComisiónEuropea (2009). Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management.
7. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF) (2007). Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública. 1ra. Ed., Lima - Perú, 97 pp.
8. DS Presidencial N° 1512 (2016). Política Nacional para la Reducción de Riesgo Desastre.
9. Echaveguren, T. (2016) Resiliencia de las Redes Viales. Seminario Desafíos para una Red Vial Resiliente - Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción UC, FONDEF, y la Universidad de Concepción.
10. G2012 México -OECD (2009) METHODOLOGICAL FRAMEWORK. Disaster Risk Assessment and Risk Financing.
11. ILPES-CEPAL (2017). Estudio Validación Método Estimación de Nivel de Riesgo de Proyectos de Inversión Pública. Documento de trabajo elaborado por Claudio Garuti para el convenio ILPES-CEPAL-MDS.
12. Informe Macroeconomía y Construcción de la Cámara Chilena de la Construcción (2015)
13. Ministerio de Obras Públicas (2012), Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021
14. Ministerio de Obras Públicas (2015a), Infraestructura aeroportuaria, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
15. Ministerio de Obras Públicas (2015b), Edificación, Equipamiento y Espacio Público, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
16. Ministerio de Obras Públicas (2015c), Transporte público sustentable, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
17. Ministerio de Obras Públicas (2015d), Infraestructura Vial Urbana e Interurbana, Agenda de infraestructura, desarrollo e inclusión: Chile 3030
18. 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.
19. Ministerio del Interior y Seguridad Pública (2014). Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
20. Nat Hazards (2009) 50 :211-233 . IUPA: a tool for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability.
21. ONEMI (2016)[a]. Grupo de Trabajo a cargo del desarrollo de la acción estratégica 4.2.1 del Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.
22. ONEMI (2016)[b] Glosario Riesgo Volcánico. División Protección Civil
23. Public Safety Canada (2015). Guidelines. NATIONAL DISASTER MITIGATION PROGRAM (NDMP). http://www.publicsafety.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/dsstr-prvntn-mtgtn/ndmp/prgrm-gdlns-prnt-eng.pdf
24. Public Safety Canada (2015). Información territorial de desastres en Canadá.
25. 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
26. 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
27. Unasur (2009). Metodología de Gestión y Prevención de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura.
28. UNISDR (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. 2009. Disponible en www.eird.org

6 ANEXOS

ANEXO N° 1. GLOSARIO

Según la estrategia internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (2009), los **principales conceptos que son considerados en la actual metodología, asociados al riesgo de** desastres son los siguientes:

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 (UNISDR, 2009).
Amenaza	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]) 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])
Cambio Climático	Cambio del clima atribuido directa o indirectamente actividades humanas que alteran la composición de la atmosfera mundial (UNISDR, 2009).
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 (UNISDR, 2009).
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 medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (UNISDR, 2009).
Exposición	Está definida por la localización de la población, infraestructura, servicios, medios de vida, medio ambiente u otros elementos presentes en un área de impacto producto de la manifestación de una o varias amenazas. (ONEMI, 2016 [a]) Permite identificar los elementos susceptibles de ser afectados, emplazados en áreas de amenaza. Es un *sine qua non* para expresar el riesgo de desastres, transformándose en la componente que permite que la interrelación entre amenaza y vulnerabilidad se traduzca en un determinado escenario de riesgo. (ONEMI, 2016[a])
Gestión del riesgo	El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales (UNISDR, 2009).
Medidas estructurales y no estructurales	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. (ONEMI, 2016 [a]) 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 (UNISDR, 2009).

Concepto	Definición
Mitigación[18]	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 (UNISDR, 2009).
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" (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 (UNISDR, 2009).
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)
Riesgo	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 (UNISDR, 2009).
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 (UNISDR, 2009).
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 (UNISDR, 2009).
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 (UNISDR, 2009).
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 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 (UNISDR, 2009).
Unidad Funcional	Superficie de emplazamiento de la infraestructura, detallando la localización, su entorno inmediato y alcance de su funcionalidad.

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

Concepto	Definición
Vulnerabilidad	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) 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. (ONEMI, 2016 a)

ANEXO N° 2. CUESTIONARIO DE EXPOSICIÓN A POTENCIALES AMENAZAS

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 hidrometereológicas	*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 planicie de inundación de un cauce o río?		
c. ¿La unidad funcional ha sido afectada por tsunami en el pasado?		
d. ¿La unidad funcional está en una zona aledaña 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 aledaños 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 aledañas 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. Actividad volcánica	*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?		
1.5. Cambio climático y otros		
a. ¿Es probable que, en vista a los efectos del Cambio Climático, surjan amenazas durante la vida útil del proyecto que afecten la unidad funcional?		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 3. PONDERADORES Y ESTRUCTURA MODELO MULTICRITERIO DE RIESGO DE DESASTRES

Modelo Multicriterio Amenaza Inundación Por Tsunami

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

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%)

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%)

*Recordar que en este modelo los dos factores se miden por separado.

Modelo Multiplicativo Amenaza Incendios Forestales

Amenaza	Factor
Incendios Forestales	a) Área de Afectación
	b) Pendiente
	c) Masa Combustible

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

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 Servicio (13,36%)
	d) Pobreza por Ingresos (6,59%)

	e) Pobreza Multidimensional (6,59%)

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%)