



METODOLOGÍA PARA LA INCORPORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BAJO CONSIDERACIONES DE RESILIENCIA Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento

METODOLOGÍA PARA LA INCORPORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

**PARA LOCALIDADES URBANAS MEDIANAS
Y PEQUEÑAS Y ZONAS RURALES,
BAJO CONSIDERACIONES DE RESILIENCIA
Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA)

Barrio El Obelisco, Primera Avenida

Tegucigalpa M.D.C., Francisco Morazán, Honduras

Teléfonos (504) 2237-8551

Correo electrónico: sanaarelacionespublicas2023@gmail.com

Secretaría Técnica de Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA)

Bulevar Kuwait, plantel del SANAA La Vega

Comayagüela M.D.C., Francisco Morazán, Honduras

Teléfonos (504) 2246-4840 / 2246-3851

Correo electrónico: conasahn@yahoo.com

Sitio web: www.conasa.hn

Equipo Técnico Coordinador:

Ricardo Panchamé

Secretario Ejecutivo del CONASA

Pedro Ortíz

Coordinador de la Secretaría Técnica del CONASA

Karina Turcios

Especialista Ambiental de la Secretaría Técnica del CONASA

Francisco Manjarres

Especialista Senior Agua Potable y Saneamiento–BID

Elaborado por:

Abel Antonio Rincón Mesa

Consultor de Productos y Servicios Externos (PEC)–BID

Primera edición:

Tegucigalpa, septiembre de 2023

Diseño: Luz Andrade

Ilustraciones: Franz Morazán

Impreso en Honduras

Agradecimientos:

Esta Guía ha sido elaborada por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SANAA), en su calidad de Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Agua y Saneamiento (CONASA), con asistencia técnica y financiera del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento CONASA

Dra. Nerza Gloria Paz Rodriguez

Secretaría de Salud (SESAL)

Sub-Secretaría de Redes de Servicios, Presidenta del CONASA

Ing. Jorge Emilio Salaverri

Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)

Viceministro de Recursos Naturales y Ambiente

Abg. Sergio Vladimir Coello Díaz

Secretaría de Gobernación, Justicia y Descentralización (SEGOB)

Subsecretario de Gobernación y Descentralización

Lic. Roberto Carlos Ramírez Alvarenga

Secretaría de Finanzas (SEFIN)

Subsecretario de Crédito e Inversión Pública

Sr. Nelson Yovany Castellanos

Asociación de Municipios de Honduras (AMHON)

Presidente AMHON

Sr. Nelson Gustavo Miralda Godoy

Sociedad Civil Organizada

Representante de Usuarios

Abg. Ricardo Issac Panchamé Romero

Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA)

Gerente General del SANAA y Secretario Ejecutivo del CONASA

Contenido

Siglas y acrónimos	ix
Introducción	x

1. Aspectos y conceptos básicos 1

1.1 Ciclo de vida de los proyectos	2
1.1.1 Fase de preinversión	3
1.1.2 Fase de inversión	7
1.1.3 Fase de operación	7
1.2 Cadena de valor en los servicios de agua potable y saneamiento	8
1.2.1 Servicio de acueducto	9
1.2.2 Servicio de alcantarillado	11
1.2.3 Clasificación de las estructuras que conforman los sistemas de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales	12
1.3 Análisis de riesgo	13
1.3.1 Análisis y evaluación del riesgo de desastres	16
1.3.2 Análisis de amenaza	17
1.3.3 Análisis de vulnerabilidad	21

2. Análisis de amenaza y vulnerabilidad y exposición para proyectos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad 25

2.1 Análisis de la amenaza – prefactibilidad	27
2.1.1 Incorporación de gestión del cambio climático y variabilidad climática en el análisis de amenazas	28
2.1.2 Procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenaza en la prefactibilidad	29
2.2 Análisis de amenaza – factibilidad	38
2.2.1 Procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenaza en la factibilidad.	39

2.3 Análisis de exposición y vulnerabilidad – prefactibilidad	.46
2.3.1 Análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos) . . .	.47
2.4 Análisis de vulnerabilidad del entorno – prefactibilidad	.53
2.4.1 Análisis de vulnerabilidad social	.53
2.4.2 Análisis de vulnerabilidad de elementos externos al proyecto	.56
2.5 Análisis de vulnerabilidad en la futura operación del proyecto – prefactibilidad .	.57
2.6 Análisis de exposición y vulnerabilidad – factibilidad	.58
2.7 Análisis prospectivos de vulnerabilidad	.60

3. Análisis y evaluación del riesgo para proyectos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad **61**

3.1 Análisis del riesgo	.64
3.1.1 Análisis de Daños.	.64
3.1.2 Análisis de Pérdidas	.65
3.1.3 Análisis de Impactos	.66
3.2 Valoración del riesgo.	.67
3.3 Evaluación del riesgo	.68
3.4 Formulación de las medidas de intervención	.70
3.5 Evaluación costo beneficio.	.74
3.5.1 Identificación de costos y beneficios	.75
3.5.2 Estimación de costos y beneficios.	.76
3.5.3 Actualización del flujo neto de fondos	.78
3.5.4 Comparación criterios de eficacia	.78

4. Criterios para verificadores y viabilizadores de proyectos **81**

4.1 Requisitos de presentación y viabilización de proyectos de agua potable y saneamiento en las etapas de prefactibilidad y factibilidad	.82
4.1.1 Análisis del riesgo.	.83
4.1.2 Valoración del Riesgo	.86
4.1.3 Evaluación del Riesgo	.86

4.1.4 Formulación de las medidas de intervención	.87
4.1.5 Evaluación costo beneficio	.87
4.2 Lista de chequeo para la evaluación y viabilización de proyectos de agua potable y saneamiento	.88

6. Conclusiones y recomendaciones 91

Bibliografía	.95
Anexos	.97

Índice tablas

Tabla 1. Clasificación de amenazas según su origen	18
Tabla 2. Amenazas vs efectos del entorno al proyecto.	19
Tabla 3. Amenazas vs efectos del proyecto al entorno.	21
Tabla 4. Vulnerabilidad en proyectos de agua potable y saneamiento	22
Tabla 5. Formato de Matriz de Histórico de eventos amenazantes (agua potable y saneamiento)	32
Tabla 6. Formato de matriz de recurrencia de los eventos amenazantes identificados	32
Tabla 7. Aspectos que considerar para trabajos en terreno	34
Tabla 8. Elementos técnicos para considerar en la identificación de factores condicionantes	35
Tabla 9. Factores detonantes de acuerdo con su origen.	36
Tabla 10. Factores detonantes y su posible relación con fenómenos amenazantes	37
Tabla 11. Información detallada de amenazas o eventos amenazantes de origen natural	40
Tabla 12. Elementos técnicos que considerar para la identificación de parámetros de evaluación.	43
Tabla 13. Matriz para el análisis de exposición del sistema de agua potable ante las amenazas identificadas	50
Tabla 14. Dimensiones, indicadores y pesos del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad	54
Tabla 15. Análisis del riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento	67
Tabla 16. Matriz de valoración del riesgo	68
Tabla 17. Medidas de Intervención.	72
Tabla 18. Criterios de eficacia	78
Tabla 19. Lista de chequeo para la verificación de la incorporación del análisis de riesgo de desastres en proyectos de agua potable y saneamiento	89
Tabla 20. Metodologías y documentos orientadores para el análisis de riesgo de desastres	97

Índice ilustraciones

Figura 1.	Ciclo de vida de los proyectos vs Análisis de la gestión de riesgo en la fase de preinversión.	2
Figura 2.	Etapas de la fase de preinversión	4
Figura 3.	Componentes básicos que integran el sistema de agua potable	9
Figura 4.	Componentes básicos que integran el sistema de saneamiento	12
Figura 5.	Proceso continuo del análisis y evaluación del riesgo	16
Figura 6.	Dimensiones del análisis de riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento.	26
Figura 7.	Procedimiento para el análisis de amenazas prefactibilidad.	30
Figura 8.	Procedimiento para el análisis de amenaza en etapa de factibilidad	39
Figura 9.	Procedimiento para el análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos).	48
Figura 10.	Mapa de superposición de infraestructura sobre amenazas	49
Figura 11.	Procedimiento general para analizar y evaluar el riesgo	63
Figura 12.	Beneficios y costos para un proyecto que incluye medidas de reducción . . .	74
Figura 13.	Proceso metodológico para evaluación costo-beneficio	75

Siglas y acrónimos

ACB	Análisis Costo Beneficio
ACC	Adaptación al Cambio Climático
ACE	Análisis Costo Eficiencia
APS	Agua Potable y Saneamiento
B/C	Relación Beneficio/Costo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CODED	Comisión de Emergencia Departamental
CODEL	Comisión de Emergencias Locales
CODEM	Comités de Emergencia Municipales
COPECO	Comisión Permanente de Contingencias
DGIP	Dirección General de Inversiones Públicas
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
IRC	Índice de Riesgo Climático Global
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados
SEFIN	Secretaría de Finanzas
SINAGER	Sistema Nacional de Gestión de Riesgo
SNIPH	Sistema Nacional de Inversión Pública de Honduras
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

Introducción

Honduras posee una riqueza importante en sus recursos hídricos renovables, ya que está ubicada en una de las zonas más diversas del mundo; posee 3 de las 11 eco regiones de agua dulce en Centroamérica, (TNC, 2009). Su tasa de dependencia es baja, lo que significa que sus recursos hídricos tienen su origen mayoritariamente en el mismo territorio, asegurándose así, un grado relativo de independencia hídrica respecto a otros países. Con relación al cambio climático, según el Índice de Riesgo Climático Global (IRC) Honduras habría estado entre los 3 países más afectados.

Siendo que los desastres naturales ocurridos cíclicamente y por efectos del cambio climático en Honduras impactan la infraestructura de los servicios de agua potable y saneamiento, interrumpiendo ocasionalmente su prestación en las zonas geográficas afectadas y disminuyendo la calidad y cantidad de agua potable, creando a nivel nacional condiciones favorables para la ocurrencia de enfermedades de transmisión hídrica, lo que obliga a las personas afectadas a movilizarse para obtener el agua en fuentes muchas veces inseguras. Además, se está reduciendo la disponibilidad de recursos hídricos y los desastres naturales producen daños y pérdidas cada vez mayores en los sistemas de distribución y conducción, por la falta de resiliencia de estos. El huracán Mitch en 1998, por ejemplo, originó afectación a más de 1.743 acueductos del país y generó daños totales sobre más de 53.000 letrinas en todo el territorio nacional. En cuanto a la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales causados por la tormenta tropical Eta y el huracán Iota para el sector de agua potable y saneamiento, alcanzó un valor de 1.180.506.919 Lempiras (Datos tomados del documento *Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras* publicado por el BID y la CEPAL en mayo de 2021).

Para enfrentar dicha situación, se requiere de la construcción de proyectos de infraestructura y la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento bajo lineamientos específicos a nivel nacional, para garantizar la eficiente prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad de los sistemas a lo largo del tiempo.

En tal sentido, se hace necesario identificar y analizar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos desde las fases tempranas de la formulación de los proyectos de agua y saneamiento, y definir medidas de reducción y/o mitigación de los daños, pérdidas e impactos que se puedan presentar, incluyendo consideraciones de adaptación al cambio climático, gestión de riesgo de desastres y una gestión integral del recurso hídrico que garantice la sostenibilidad de los proyectos ante los escenarios futuros del cambio climático y la variabilidad climática.

Dado lo anterior, es importante establecer una metodología para la incorporación del análisis de riesgo de desastres en las fases de prefactibilidad y factibilidad para la formulación de proyectos de agua potable y saneamiento (alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales) para localidades urbanas medianas y pequeñas y zonas rurales, bajo consideraciones de resiliencia y adaptación al cambio climático, con lo que se pretende fomentar la gestión integral del recurso hídrico y de riesgo de desastres en el sector APS, mediante el aumento de la resiliencia y de la capacidad de adaptación de los sistemas, a fin de reducir su vulnerabilidad y disminuir los impactos socioeconómicos y ambientales negativos.

Es por esto, que este documento presenta una serie de recomendaciones a promotores, formuladores y evaluadores de proyectos para incorporar los análisis de riesgo de desastres en la formulación de los proyectos de inversión relacionados con la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, e incorporar y/o verificar que dicha información contribuya a la toma de decisiones para reducir y/o mitigar el riesgo identificado contemplando la adaptación al cambio climático.

Esta propuesta metodológica se fundamenta en diferentes documentos consultados tanto a nivel nacional como internacional, destacándose el *“Manual para Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido”* desarrollado por la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) y los documentos de la *“Caja de Herramientas para intervenciones resilientes”* desarrollados por el Gobierno de Colombia.

El documento se desarrolla en cinco (5) capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo 1. Aspectos y conceptos básicos, en el que se describe en primer lugar el ciclo de un proyecto de inversión, estableciendo en que fases de la etapa de preinversión se incorpora el análisis de riesgo de desastres. De igual manera, aborda elementos conceptuales del análisis y evaluación del riesgo de desastres que permiten facilitar su incorporación en la formulación y estructuración de los proyectos del sector de agua potable y saneamiento;

Capítulo 2. Análisis de amenaza y vulnerabilidad para proyectos en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, desarrolla procedimientos para que los formuladores realicen los análisis de amenaza y vulnerabilidad de proyectos de agua potable y saneamiento, considerando tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos de la operación futura del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos. También se identifican las metodologías para analizar la amenaza y vulnerabilidad en la fase de factibilidad, teniendo en cuenta que los análisis se deben realizar a la misma escala de los estudios de detalle del proyecto;

Capítulo 3. Análisis y evaluación del riesgo para proyectos en las etapas de prefactibilidad y de factibilidad, se plantea el procedimiento para realizar el análisis, valoración y evaluación del riesgo, con el propósito de establecer medidas de intervención que permitan reducirlo o mitigarlo, y, por último, se presenta la evaluación costo beneficio como la herramienta que permite establecer la mejor alternativa para el proyecto;

Capítulo 4. Criterios para viabilizadores de proyectos, en el que se establecen los criterios que deben verificar los evaluadores para garantizar la incorporación del análisis y evaluación del riesgo en los proyectos;

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones, teniendo en cuenta el desarrollo de los capítulos anteriores, se recopilan las conclusiones y recomendaciones para qué tanto, formuladores como evaluadores de proyectos del sector agua potable y saneamiento, incorporen el análisis de riesgo de desastres en las fases de prefactibilidad y factibilidad.



*Planta de
Tratamiento de
Agua Potable
(PTAP).*

1. ASPECTOS Y CONCEPTOS BÁSICOS

En este capítulo se presenta una breve descripción del ciclo de vida de los proyectos de inversión y la relación con el análisis de riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento, conceptos que servirán de base al lector para entender el procedimiento para incorporar la gestión del riesgo de desastres en la formulación y estructuración de proyectos.

1.1 Ciclo de vida de los proyectos

El ciclo de vida de un proyecto comprende el desarrollo secuencial de las fases de preinversión, inversión y operación, con las cuales se espera atender una problemática identificada o desarrollar bienes o servicios para una población objetivo. Cada una de estas fases involucra características propias que las diferencian entre sí, y que los gestores de proyectos deben conocer muy bien para poder establecer con claridad la etapa en la que se debe involucrar el análisis de la gestión del riesgo en la formulación de un proyecto de inversión (ver Figura 1).

Figura 1. Ciclo de vida de los proyectos vs Análisis de la gestión de riesgo en la fase de preinversión



Fuente: Elaboración propia.

Según el Sistema Nacional de Inversión Pública de Honduras (SNIPH) para la determinación de los modelos de evaluación ex-ante se contemplan tres tipologías de proyectos: “*Bienes Meritorios, Beneficio Económico y Generadores de Ingresos*”, los proyectos de agua potable y saneamiento se encuentran dentro de la tipología de “*Bienes Meritorios*” que corresponde a proyectos que producen un beneficio incuestionable, de difícil valoración y socialmente aceptado, y cuya inversión permite asegurar la colocación de los recursos donde satisfagan las necesidades de la sociedad con mayor rendimiento, especialmente en situaciones de recursos escasos para atender las necesidades básicas insatisfechas (SEFIN, Secretaría de Finanzas, 2015).

El Gobierno de Honduras, a través de la Secretaría de Finanzas, desarrolló la *Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública* en donde se definen 10 módulos temáticos para la identificación y formulación de proyectos. Esta herramienta metodológica brinda al grupo formulador de proyectos un procedimiento ordenado y secuencial para la estructuración de los proyectos.

Finalmente, los formuladores de proyectos de agua potable y saneamiento deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales a la hora de planear y estructurar un proyecto de inversión:

- a) Se debe asegurar la calidad de las inversiones y la calidad de la prestación de los servicios.
- b) Es necesario incorporar acciones que promuevan la continuidad de la prestación del servicio.
- c) Garantizar la seguridad, durabilidad y sostenibilidad en el tiempo de la infraestructura construida.
- d) En lo posible, se debe fomentar la participación comunitaria y de los diferentes actores sectoriales en las diferentes etapas de la fase de preinversión.

1.1.1 Fase de preinversión

En esta fase se identifica y describe la problemática, se formulan y evalúan las diferentes alternativas, se identifican las alternativas más favorables, se selecciona la mejor alternativa, se recopila información para la toma de decisiones, se adelantan los estudios de detalle de tipo técnico, legal, ambiental, social y económico y se elabora el diseño definitivo, con el cual se espera superar o mejorar la problemática identificada relacionada al agua potable y al saneamiento.

La preinversión es la base para evaluar la pertinencia, coherencia y conveniencia de ejecutar el proyecto antes de la asignación de los recursos, permitiendo identificar y reducir riesgos que podrían presentarse en la fase de ejecución. En la Figura 2 se presenta gráficamente las etapas de la fase de preinversión.

Figura 2. Etapas de la fase de preinversión



Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre las etapas mencionadas radica en la precisión o certeza de la información que aportan los estudios que se realizan en cada una, con los cuales se reduce la incertidumbre que representa la ejecución del proyecto y permiten una maduración de la iniciativa de inversión que aumenta la posibilidad de éxito durante la etapa de inversión. Son estas fases el instrumento a través del cual se logra un proyecto maduro, es decir, con la suficiente certeza frente a la información contenida para que inicie su ejecución (UNGRD, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2017).

Al momento de adelantar la planeación de los proyectos de inversión es importante conformar un equipo multidisciplinario de profesionales especialistas en diferentes áreas específicas de carácter técnico, ambiental, legal, institucional y social, lo que generará confianza en el criterio y capacidad para hacer un análisis integral y profundo del proyecto. Se recomienda contar con especialistas en gestión del riesgo y en evaluación social de proyectos, esto aportará rigurosidad al ejercicio de formulación y estructuración de los proyectos. De no contar con especialista en riesgos porque el tamaño de la inversión no lo permite (como proyectos rurales ejecutados por pequeñas juntas de agua) siempre deberán incluirse análisis de los riesgos propios de dicho proyecto considerando su ubicación y alcance.

Cuando se realiza la incorporación del análisis de la gestión del riesgo de desastres en la fase de preinversión se espera prevenir futuras condiciones de riesgo durante su construcción y operación, lo cual contribuye a la seguridad y sostenibilidad de las inversiones y la calidad de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento.

1.1.1.1 Etapa de idea y perfil

La etapa inicial corresponde a la idea y perfil del proyecto, en donde se realiza una descripción detallada de la problemática, las causas y los efectos que ésta genera, se identifica la necesidad que se quiere satisfacer y se plantean diferentes alternativas para la solución al problema, las cuales serán evaluadas para descartar las no viables desde el punto técnico, económico, ambiental y social.

En la etapa de idea del proyecto se realiza la esquematización del problema y se plantean las alternativas posibles para dar solución, complementariamente, en la etapa del perfil se recopila información secundaria que aporte datos útiles para el proyecto para poder evaluar cada una de las alternativas, se calculan los costos y beneficios de manera preliminar y se descartan las alternativas que no se consideren viables, se definen los objetivos y las metas del proyecto. Con toda la información recopilada y analizada, se eligen las alternativas que ameritan estudios detallados o se toma la decisión de aplazar o descartar el proyecto.

En esta etapa también se realiza la identificación de los actores involucrados, y cómo las diferentes alternativas impactan sobre la población beneficiaria, por lo que se deberá buscar información secundaria para crear una visión prospectiva del proyecto de inversión, para adelantar un análisis y evaluación de conveniencia de las alternativas. Finalmente, se determinan los aspectos que requieren un mayor desarrollo y que demandan de estudios adicionales, con los cuales se espera lograr identificar las condiciones apropiadas para la implementación del proyecto.

1.1.1.2 Etapa Prefactibilidad

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza información primaria y secundaria, con el propósito de realizar una evaluación más profunda de las alternativas identificadas como viables en la etapa anterior, determinando los beneficios y riesgos de cada una de ellas. Se adelantan estudios básicos para profundizar en el conocimiento de las condiciones técnicas, financieras, institucionales, jurídicas, ambientales y sociales del proyecto que reduzcan el nivel de incertidumbre y permitan aclarar las dudas existentes, entre otros, se debe realizar un análisis de riesgo de desastres que permita identificar acciones a seguir para reducir o mitigar el riesgo al que quedará expuesta la infraestructura construida, buscando disminuir la vulnerabilidad en las fases de inversión y operación que puedan representar sobrecostos del proyecto.

En la fase de prefactibilidad, se profundiza en el análisis de la conveniencia de las alternativas, según la disponibilidad de información y el nivel de precisión requerido de acuerdo con el tipo de proyecto. Se deben realizar estudios más exhaustivos que pueden demandar la utilización de fuentes de información primaria para complementar los existentes. Posteriormente se debe realizar la evaluación de costo beneficio de las alternativas con el propósito de seleccionar la mejor desde el punto de vista técnico, financiero, económico, social y ambiental.

Con el análisis de todos los elementos se selecciona la mejor alternativa y se establecen de forma preliminar los objetivos y metas esperadas, con el propósito de obtener un prediseño del proyecto.

La incorporación del análisis de riesgo de desastres en la etapa de prefactibilidad le permitirá al formulador del proyecto identificar los daños, pérdidas e impactos ocasionados por la exposición de los elementos de los sistemas frente a la materialización de eventos de origen natural, y con ello, se deberán identificar las medidas de reducción o mitigación que pueden ser adoptadas para una adecuada intervención, y que en la siguiente etapa deberá seleccionarse la más favorable.

1.1.1.3 Etapa factibilidad

El propósito de esta etapa es realizar un análisis detallado de la alternativa seleccionada en la etapa anterior, principalmente se desarrolla con mayor profundidad los componentes técnicos y financieros del proyecto, que por lo general requieren de estudios mucho más detallados para reducir las variables que generan incertidumbres y que pueden afectar el desarrollo del proyecto. Con la evaluación técnico-económica se logra establecer la conveniencia de ejecutar o no el proyecto.

Le corresponde al formulador del proyecto adelantar todos los estudios de ingeniería de detalle, la validación y cumplimiento de aspectos de índole legal, predial, permisos ambientales y en general el análisis de los temas de operación y mantenimiento de la infraestructura a construir, con lo cual, se espera reducir los riesgos en la fase de inversión y operación, lo que se traduce en la viabilidad del proyecto y la solución al problema o necesidad que se pretende atender.

Finalmente, se afinan los objetivos y las metas del proyecto y se identifican las fuentes de financiación.

El análisis de riesgo de desastres en esta fase de factibilidad le permitirá al formulador y/o estructurador del proyecto considerar medidas de reducción o mitigación de los riesgos ocasionados por eventos de origen natural y siconatural sobre los componentes de los sistemas para la alternativa seleccionada y sobre la cual se desarrollarán los estudios y diseños de detalle (DNP, 2021).

1.1.1.4 Etapa de diseño

Cuando se toma la decisión de ejecutar el proyecto se procede con la consolidación de todos los elementos esenciales que lo integran, que fueron recopilados en cada una de las etapas anteriores, con el propósito de dar cumplimiento al Marco Lógico y establece la coherencia e integralidad del proyecto. Así mismo, se establece el cronograma de la fase de inversión, se define la estructura de financiamiento, se identifica la estructura institucional encargada de la operación y mantenimiento y se establecen indicadores para la evaluación ex post.

1.1.2 Fase de inversión

Una vez finalizada la fase de preinversión, con los diseños definitivos, se procede con la fase de inversión, la cual tiene como propósito adelantar todas las actividades definidas en el diseño con miras a cumplir los objetivos propuesto en la formulación del proyecto, respecto a la entrega del bien o servicio que atiende la problemática identificada.

En esta fase se debe tener especial cuidado con el cumplimiento estricto de:

- a) Las especificaciones técnicas contenidas en el diseño.
- b) El respecto de las cantidades y calidades de los materiales requeridos.
- c) El desarrollo de métodos constructivos adecuados.
- d) La implementación de las medidas de mitigación de riesgos adoptadas para el proyecto (como los mapas de riesgo desarrollados, alerta temprana, planes de emergencia, etc.).
- e) Los canales de comunicación para mantener informada a la comunidad, entre otros.

Esta fase finaliza con la puesta en marcha de la infraestructura construida, y se recomienda que el ejecutor entregue manuales de operación y mantenimiento, las garantías y especificaciones técnicas de los equipos instalados y los planos de detalle de la infraestructura construida.

1.1.3 Fase de operación

La fase de operación es cuando empiezan a funcionar los nuevos elementos construido y se proporcionan los servicios para satisfacer la necesidad de la población, esperando cumplir los objetivos propuestos en las fases iniciales de estructuración del proyecto. En la fase de factibilidad es importante incorporar criterios de sostenibilidad de los elemen-

tos construidos y proporcionar soporte para la correcta operación y mantenimiento de la infraestructura, esto permitirá que se cumplan las metas planteadas para la vida útil del proyecto.

En esta etapa se debe adelantar mantenimiento preventivo y correctivo según se establezca en los manuales de operación y mantenimiento entregados por el ejecutor del proyecto o proveedor de materiales, maquinaria y/o equipos, con lo cual se pretende reducir la presencia de fallas en la operación, asegurando un correcto funcionamiento de los sistemas.

Aunque durante las fases de inversión y operación se realiza el seguimiento a las metas definidas para el logro de los objetivos del proyecto, es en esta última fase donde se evalúa el cumplimiento de los fines propuestos con la ejecución del proyecto, particularmente de los impactos sociales positivos y negativos reales logrados en términos del cambio en el bienestar de la población al terminar la operación del mismo, analizando a su vez las posibles desviaciones ocurridas frente a lo planeado (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

1.2 Cadena de valor en los servicios de acueducto y alcantarillado

La **cadena de valor** es la relación secuencial y lógica entre insumos, actividades, productos y resultados en la que se añade valor a lo largo del proceso de transformación total (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

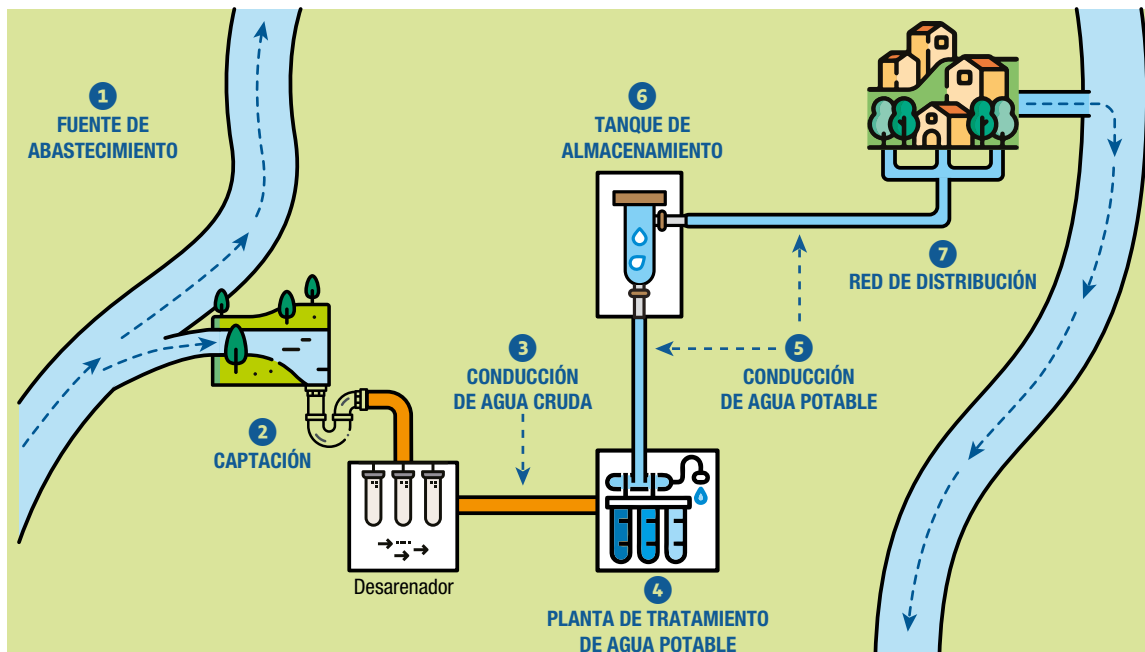
Es preciso advertir que la metodología de cadena de valor no sustituye la metodología de formulación de proyectos. Es más bien, parte integral de una adecuada formulación. La identificación del objetivo general y los objetivos específicos en el ejercicio de formulación de proyectos es el punto de partida de la construcción de la cadena de valor, toda vez que permite especificar los productos que materializan el alcance de dichos objetivos, las actividades, los insumos y los recursos presupuestales asociados, involucrados en su desenlace (DNP, Departamento Nacional de Planeación, 2017).

1.2.1 Servicio de agua potable

El gobierno de Honduras, a través del Decreto No.118 de septiembre de 2003, definió las normas aplicables a los servicios de agua potable y saneamiento, entre otros, define el servicio de agua potable como la entrega de agua apta para consumo humano de forma domiciliaria o inmediata por medio de cañerías. Este servicio requiere de actividades complementarias que integran el sistema (acueducto), tales como: captación de agua, transporte de agua cruda, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución de agua potable.

El sistema de acueducto es el conjunto de elementos e infraestructura que tienen como propósito abastecer de agua potable a una comunidad, para lo cual, se utiliza una fuente de abastecimiento de agua cruda superficial o subterránea (captación) para ser transportada por tuberías o canales (conducción de agua cruda) hasta el lugar de tratamiento (Planta de Tratamiento), y que después de pasar por diferentes estructuras hidráulicas se espera que cumpla con unos parámetros mínimos para consumo (potabilización), desde donde es transportada a puntos de distribución (tanques de almacenamiento) o directamente a la población beneficiada (red de distribución). En la Figura 3 se muestran los componentes básicos que generalmente integran un sistema de acueducto que, en conjunto con las actividades asociadas a la parte institucional de la prestación del servicio, conforma la cadena de valor del servicio de acueducto.

Figura 3. Componentes básicos que integran el sistema de agua potable



Fuente: Elaboración propia.

- ▶ **Captación:** son todas las estructuras encargadas de recolectar el agua cruda de una fuente de abastecimiento superficial (mares, ríos, quebradas, represas, etc.) o subterránea (pozos, acuíferos, reservorios, etc.) para ser transportada al punto de tratamiento.
- ▶ **Conducción de agua cruda:** son todos los elementos utilizados para transportar agua cruda hasta el lugar de pretratamiento (desarenadores) o tratamiento (PTAP).
- ▶ **Planta de tratamiento de agua potable:** es el conjunto de elementos hidráulicos, equipos, y materiales necesarios para garantizar los estándares mínimos de calidad del agua para consumo humano.
- ▶ **Conducción de agua tratada:** son todos los elementos utilizados para transportar agua tratada hasta puntos de almacenamiento (tanques) o redes de distribución.
- ▶ **Tanques de almacenamiento:** son estructuras puntuales en donde se almacena provisionalmente el agua tratada para su posterior distribución a los usuarios.
- ▶ **Estaciones de bombeo:** equipos que permiten incrementar la presión del agua cruda o tratada para llegar a puntos más altos que, por condiciones topográficas del terreno, no es posible llegar por gravedad.
- ▶ **Red de Distribución:** bien sea desde la una PTAP o un tanque de almacenamiento, la red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que transportan en agua tratada hasta los usuarios del acueducto.

El Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) es la entidad del gobierno de Honduras encargada de establecer los lineamientos y normas técnicas el diseño y desarrollo de proyectos de agua potable y saneamiento en el país.

1.2.2 Servicio de saneamiento

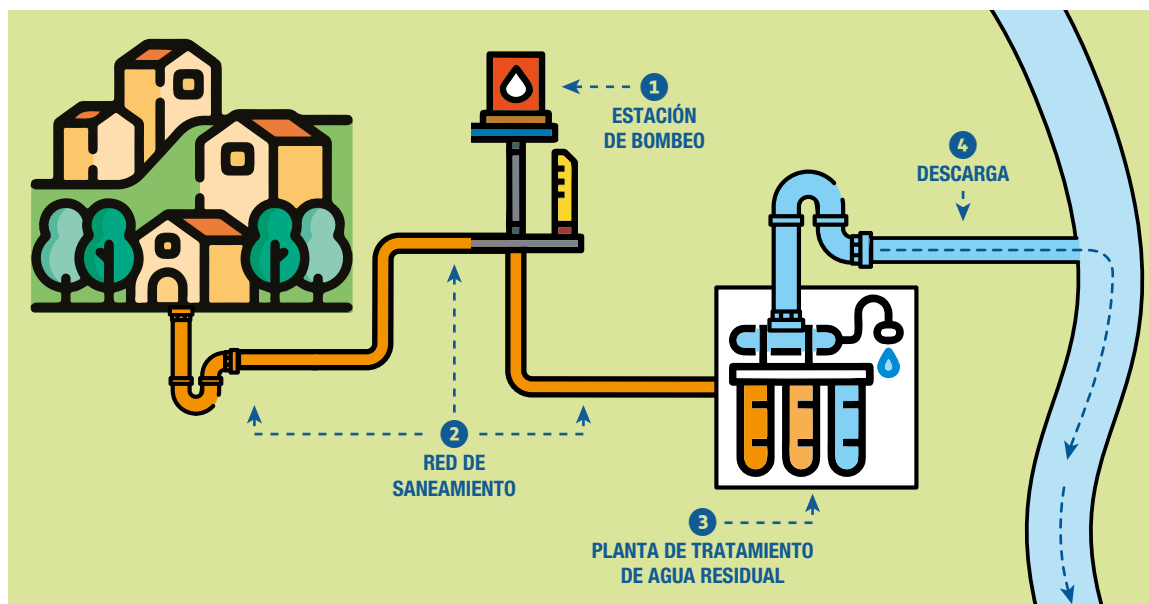
Se denomina agua residual el agua que durante su utilización ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola u otro, ha sufrido modificaciones de calidad. Este servicio requiere de actividades complementarias que integran el sistema (alcantarillado), tales como: conductos de alcantarillado sanitario, conductos de agua lluvia, estaciones de bombeo, tratamiento de aguas residuales, puntos de descarga.

El sistema de alcantarillado es el conjunto de elementos e infraestructura que tienen como propósito recolectar las aguas residuales y de agua lluvia de una comunidad, para lo cual, se utilizan ductos (redes) para ser transportadas hasta el lugar de tratamiento (Planta de Tratamiento) o puntos de descarga en fuentes receptoras.

Las normas de diseño para el alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y tratamiento de aguas residuales de Honduras establecen las siguientes definiciones (SANAA, Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados, 2004):

- ▶ **Redes de alcantarillado:** Son los conductos que transportan el agua residual y el agua pluvial hasta el punto de descarga o planta de tratamiento.
- ▶ **Estaciones de Bombeo:** equipos que permiten incrementar la presión del agua residual o lodos para llevarlos a puntos más altos.
- ▶ **Planta de tratamiento de agua residual (PTAR):** Es una unidad o serie de unidades destinadas a condicionar las aguas residuales de tal forma que los efectos en los cuerpos de aguas receptores sean compatibles con las exigencias legales y el uso del agua, aguas abajo del punto de descarga.
- ▶ **Descarga:** acción de verter aguas residuales crudas o tratadas a un cuerpo receptor o en el alcantarillado sanitario.

En la Figura 4 se muestran los componentes básicos que generalmente integran un sistema de alcantarillado que, en conjunto con las actividades asociadas a la parte institucional de la prestación del servicio, conforma la cadena de valor del servicio de alcantarillado.

Figura 4. Componentes básicos que integran el sistema de saneamiento

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3 Clasificación de las estructuras que conforman los sistemas de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales

Para efectos de incorporar la gestión de riesgos de desastres en la estructuración de proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, se sugiere clasificar los diferentes componentes de los sistemas en dos (2) grupos:

El primer grupo de estructuras (G1-Trazado) está asociado con las actividades de transporte de agua cruda y distribución de agua apta para el consumo humano, se consideran los siguientes componentes del sistema de acueducto: conducciones y redes de distribución; y actividades asociadas al transporte de aguas residuales, se consideran los siguientes componentes del sistema de alcantarillado: red secundaria o red local de alcantarillado.

Y el segundo grupo (G2-Ubicación) está relacionado con las estructuras que se vinculan a las actividades de procesamiento, tratamiento y almacenamiento para el caso de la prestación del servicio de acueducto (captaciones, plantas de tratamiento de agua potable, tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo de agua potable); y frente al servicio de alcantarillado son aquellas estructuras asociadas con la actividad de tratamiento de aguas residuales (sistemas o plantas de tratamiento de aguas residuales), incluyendo el bombeo o elevación de aguas residuales, es decir, son aquellas estructuras no lineales diferentes a la tubería (DNP, 2021).

1.3 Análisis de riesgo

El gobierno de Honduras, mediante Acuerdo Ejecutivo No.032-2010 reglamentó el “*Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SINAGER)*”, creado mediante Decreto No. 151-2009, en donde definen conceptos básicos de gestión del riesgo, reglamenta los órganos e instancias que integran el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo, describe los fondos de inversión y financiación, desarrolla la alertas y declaratorias de emergencia, desastre y calamidad, fundamenta la recuperación temprana, entre otros.

El Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Honduras se define en el decreto No.151 como “*el conjunto sistémico, participativo y de articulación armónica de todas las instituciones del Estado, de la empresa privada y de las organizaciones de la sociedad civil del país. El Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER) actúa a través de estructuras, instancias de coordinación, relaciones funcionales, métodos herramientas y procedimientos, con el objeto de proteger la vida y los medios de vida de los habitantes de la república, mediante acciones concretas, destinadas a prevenir, reducir o controlar los niveles de riesgo en el territorio nacional, así como contribuir a la sostenibilidad del medio ambiente y a la protección de todo el patrimonio ecológico nacional*”.

Los principios del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Honduras se enmarcan en:

1. Seguridad y responsabilidad.
2. Reducción de riesgos como proceso social.
3. Gestión descentralizada y desconcentrada.
4. Coordinación.
5. Participación ciudadana.
6. Incorporación del componente de gestión de riesgo como parte del desarrollo nacional.
7. Alcance de responsabilidades.
8. Ética y transparencia.
9. Desarrollo y estrategias para el fomento de la solidaridad.
10. No discriminación, enfoque de género y acciones afirmativas.

Es importante considerar algunos conceptos básicos de la gestión del riesgo de desastres para poder entender el análisis del riesgo de desastres y que fueron adoptados por el gobierno de Honduras mediante Acuerdo Ejecutivo No.032-2010:

- ▶ **Amenaza:** Peligro o peligros latentes que representan la probable manifestación de un fenómeno externo físico de origen natural (geológicos, hidrometeorológicos), de un fenómeno socio-natural o de autoría humana (tecnológicos/culturales), que se anticipan, con potencial de generar efectos adversos en las personas, la producción, infraestructura y los bienes y servicios.
- ▶ **Análisis de riesgo:** Es el resultado de identificar, caracterizar, evaluar y valorar la relación entre una amenaza en particular y la vulnerabilidad a esa amenaza de uno o varios elementos expuestos, con el fin de determinar escenarios potenciales de riesgo a desastres, y con ello los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a un fenómeno peligroso.
- ▶ **Desastre:** Una condición o contexto social generado por el impacto de un fenómeno sobre una sociedad vulnerable y que excede la capacidad autónoma de respuesta y reconstrucción de la unidad social afectada, requiriendo apoyo y ayuda externa.
- ▶ **Mapa de riesgo:** La representación gráfica, estadística o la sistematización de información cualitativa y cuantitativa de las condiciones de riesgo que presenta un territorio (zona, barrio, reparto, sector, comunidad, municipio) determinado. Estas condiciones de riesgo están expresadas en función de sus elementos, o factores combinados de amenazas y vulnerabilidad.
- ▶ **Mitigación:** Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo generado por un fenómeno natural, socio-natural o de autoría humana. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente y que es posible atenuar o reducir el impacto previsto sobre la sociedad y el medio ambiente.
- ▶ **Recuperación:** Proceso de restablecimiento de condiciones adecuadas y sostenibles de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y la reactivación o impulso del desarrollo económico y social de la comunidad.
- ▶ **Reducción de riesgo:** Medidas dirigidas a cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existentes. Son medidas de prevención-mitigación y preparación que se adoptan con anterioridad de manera alternativa, prescriptiva o restrictiva, con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, o para que no generen daño, o para disminuir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente.

- ▶ **Respuesta:** Son las acciones llevadas a cabo ante un evento adverso y que tienen por objeto salvar vidas y disminuir pérdidas. Dichas acciones son ejecutadas en principio por la propia comunidad y sus fuerzas vivas y por organismos de respuesta, por lo que deben ser acciones previamente planificadas y coordinadas, hasta donde sea posible, para que sean adecuadas.
- ▶ **Respuesta a desastre:** Son todas las actividades que comprenden las fases de preparativos y alertas destinadas a preparar a la población en caso de desastres y/o emergencias, así como las actividades de respuesta y rehabilitación, con el objetivo de salvar vidas, disminuir pérdidas, brindar asistencia humanitaria tras la ocurrencia del desastre y retornar a la vida cotidiana con un mínimo de condiciones dignas.
- ▶ **Riesgo:** Probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales o económicos, en un lugar específico y con un tiempo o lugar determinado. Resulta de la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad.
- ▶ **Riesgo de desastre:** Probabilidad de daño y pérdidas futuras: una condición latente y predecible en distintos grados, marcada por la existencia de amenazas, vulnerabilidad y exposición al daño; resultado de procesos determinados de desarrollo de la sociedad. Numero esperado de pérdidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de actividades económicas debido a fenómenos peligrosos
- ▶ **Vulnerabilidad:** La propensión de los seres humanos y grupos sociales de sufrir la muerte, la enfermedad, lesiones, daño y pérdidas en sus medios, bienes y modos de vida y encontrar dificultades en recuperarse de manera autónoma. La vulnerabilidad puede explicarse por la existencia de distintos factores o causas de naturaleza social, económica, física, estructural, institucional, organizacional, eco-sistémico, educativa y cultural.

Finalmente, en esta sección del documento se pretende proporcionar conceptos básicos a los formuladores de proyectos en cuanto a la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en la estructuración de proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en la fase de preinversión de los proyectos (etapas de prefactibilidad y factibilidad).

1.3.1 Análisis y evaluación del riesgo de desastres

El análisis y evaluación de la gestión del riesgo de desastres, en la fase de preinversión de proyectos de agua potable y saneamiento, parte del conocimiento del riesgo que se realicen en la etapa de prefactibilidad y factibilidad, que dependiendo de la seriedad con que se aborden se pueden identificar daños, pérdidas e impactos a los que están expuestos los elementos del proyecto ante diferentes eventos, con el propósito de plantear acciones de reducción y/o mitigación ante posibles afectaciones causadas por la materialización del desastre.

El análisis y evaluación del riesgo, es el enfoque cualitativo o cuantitativo para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo de desastres mediante el análisis de las posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de exposición y vulnerabilidad que conjuntamente podrían causar daños a las personas, los bienes, los servicios, los medios de vida y el medio ambiente del cual dependen; es decir, es el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un acontecimiento y la magnitud probable de sus efectos adversos (UNISDR, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2016).

En la siguiente figura se muestran las actividades que se deben considerar para adelantar el análisis y evaluación de riesgo de desastres en proyectos de inversión.

Figura 5. Proceso continuo del análisis y evaluación del riesgo



Fuente: (DNP, 2021).

Dado lo anterior, la evaluación del riesgo es un proceso que requiere de una disposición de información amplia y detallada, un análisis pormenorizado y la aplicación de metodologías, lo cual puede significar una inversión de recursos físicos, materiales y humanos que no siempre son de fácil acceso o no están al alcance de los tomadores de decisión o de los responsables de la gestión del riesgo; lo anterior, teniendo presente que para una adecuada evaluación es necesario territorializar las amenazas y vulnerabilidades; es decir, identificar los efectos que estas pueden tener en el territorio (BID, Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

Para abordar el análisis de la gestión de riesgos de desastres, los formuladores de proyectos deben utilizar información cartográfica y/o geográfica a una escala que permita identificar con claridad las amenazas a las que quedarán expuestos cada uno de los elementos del proyecto (ver numeral 3 del presente documento), así mismo, se deben estimar las afectaciones de la infraestructura si se llega a materializar el desastre y como puede verse afectada la funcionalidad de los elementos del sistema. Esta información permite relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos del sistema, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales con sus probabilidades de ocurrencia y los daños y pérdidas potenciales, con el fin de establecer medidas de intervención para la reducción del riesgo, la preparación de la respuesta y la recuperación y restablecimiento de la prestación del servicio.

1.3.2 Análisis de amenaza

Considerando que la amenaza es el peligro latente de la posibilidad de materialización de un evento físico de origen natural o humano (de forma intencional o accidental) con la suficiente capacidad de causar daño en bienes, infraestructura, servicios y, en algunas ocasiones, generando pérdidas humanas y afectaciones a la salud, es necesario que los formuladores de proyectos conozcan e identifiquen las diferentes amenazas que pueden afectar los sistemas de agua potable y saneamiento.

Tabla 1. Clasificación de amenazas según su origen

Natural	Atmosféricos	• Huracanes
		• Vendavales
		• Sequías
		• Ola de calor
		• Granizadas
	Hidrológicos	• Desbordamientos o crecientes súbitas
		• Inundaciones lentas
		• Avenidas torrenciales
	Geológicos	• Sismos
		• Vulcanismo o erupción volcánica
		• Movimientos en masa
	Otros	• Tsunami
Socio Natural	Inundaciones	
	Movimientos en masa	
	Incendios forestales	
	Erosión costera	
	Vandalismo	
Tecnológico	Químicos	• Derrames
		• Fugas
		• Explosiones
	Electrónicos	• Sobrecargas
		• Corto circuito
	Mecánicos	• Colapsos
		• Volcamientos
	Térmicos	• Incendios
		• Explosiones
Antrópico	No intencionales	• Aglomeraciones de público
Biológico	Epidemias	
	Plagas	
	Contaminación de las aguas por elementos químicos	

Fuente: (DNP, 2021).

Después de conocer las diferentes amenazas que pueden afectar las estructuras físicas, es importantes identificar cómo estos fenómenos pueden afectar la infraestructura de acueducto, alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales (afectaciones del entorno al proyecto), los cuales pueden variar dependiendo del tipo de amenaza o fenómeno amenazante, su grado de intensidad, recurrencia y el nivel de exposición. En la siguiente tabla se presenta la afectación de las diferentes amenazas y sus efectos en el sector de agua potable y saneamiento.

Tabla 2. Amenazas vs efectos del entorno al proyecto

Amenaza	Posibles efectos
Inundaciones	• Destrucción total o parcial de los componentes, especialmente las captaciones, aducciones y plantas depuradoras (lagunas de estabilización y humedales). • Daños en equipos y maquinaria. • Taponamiento de los sistemas por material de arrastre. • Rebose por exceso de la capacidad de los sistemas. • Contaminación del agua dentro de las tuberías, por agua residual y sustancias diluidas por la inundación. • Contaminación del agua cruda y los Pozos excavados y perforados. • Introducción de agua marina en acuíferos continentales. • Daño en tubería de alcantarillado por trabajar a presión y en pozos de inspección y caída. • Daños y destrucción de sistemas individuales especialmente letrinas. • Inundación de predios con aguas negras ya que no tienen salida.
Fenómenos de movimientos en masa	• Destrucción total o parcial de los componentes de la infraestructura, especialmente de captación, aducción y conducción, ubicados en el área de influencia del deslizamiento. • Deterioro de la calidad del agua cruda por alteración en sus características (sedimentos, color, etc.), cuando se presentan aguas arriba de la estructura de captación. • Taponamiento de los sistemas por acumulación de materiales como lodo y piedras. • Vertimientos de aguas residuales directos a suelo o cuencas.
Avenidas torrenciales	• Destrucción de los componentes de la infraestructura, especialmente las obras cercanas a los cauces. • Ruptura de tuberías en pasos de ríos y quebradas. • Taponamiento de los sistemas por material de arrastre. • Interrupción de los caudales en las fuentes superficiales. • Destrucción de sifones en colectores y emisarios.
Sequías	• Reducción de caudales del agua superficial y/o subterránea disponible. • Desabastecimiento o racionamiento. • Inutilización de la infraestructura. • Acumulación de materiales sólidos en los alcantarillados.

Amenaza	Posibles efectos
Meteorológicas	• Destrucción total o parcial de los componentes del sistema. • Alteración de la calidad del agua cruda por alteración en sus características. • Interrupción del fluido eléctrico, de las vías de acceso y vías de comunicación.
Sismos	• Destrucción total o parcial de los componentes del sistema y las vías de acceso a los mismos. • Rotura de las tuberías de conducción y distribución. • Interrupción del fluido eléctrico, de las vías de acceso y vías de comunicación. • Deterioro de la calidad del agua cruda por sedimentos o sustancias peligrosas. • Variación de caudales o de los niveles de agua subterránea. • Ocurrencia de incendios y/o explosiones en sitios de acopio de sustancias químicas.
Erupciones volcánicas	• Destrucción de los componentes de la infraestructura. • Interrupción del fluido eléctrico, de las vías de acceso y vías de comunicación. • Obstrucción de la conducción de agua por cenizas. • Deterioro de la calidad del agua cruda de fuentes superficiales por cenizas y otros materiales volcánicos. • Incendios.
Incendios	• Reducción en la disponibilidad de agua para abastecimiento. • Alteración de la calidad del agua por caída de cenizas. • Destrucción de los componentes del sistema.
Desertificación	• Desecamiento de fuentes abastecedoras. • Disminuciones de caudal, generando situaciones de racionamiento o de desabastecimiento temporal o permanente.
Contaminación	• Alteración en las condiciones de calidad del agua que atente contra la salud de la población. • Incremento en los requerimientos del tratamiento de agua para consumo humano. • Aumento en los costos de tratamiento y prestación del servicio.
Colapsos en la infraestructura	• Destrucción de los componentes del sistema. • Incrementos en los gastos de reparación y mantenimiento. • Posibles sanciones por incumplimiento de las obligaciones por parte del prestador.

Fuente: (MVCT, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; UNGRD, Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, 2014).

Con la materialización de eventos amenazantes que afecten la infraestructura de acueducto, alcantarillado y/o sistemas de tratamiento de aguas residuales, también se pueden presentar afectaciones al entorno (del proyecto al entorno), que también deben ser consideradas por el formulador de proyectos, para lo cual, se presenta un resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Amenazas vs efectos del proyecto al entorno

Actividad/ amenaza	Posibles efectos
Falta de mantenimiento de infraestructura	• Pérdidas de agua y por tanto mayor requerimiento en captación. • Contaminación de agua para consumo humano en la tubería de acueductos. • Contaminación de acuíferos por infiltración de aguas residuales en el suelo. • Fenómenos de movimientos en masa por excesos de humedad del suelo en áreas de pendiente alta y materiales no consolidados. • Asentamientos diferenciales por colapso de tubería en áreas planas. • Destrucción de viviendas aledañas a redes matrices de acueducto por rompimiento de tubería. • Anegación o inundaciones de zonas planas mal-drenadas, por rompimiento de redes matrices de acueducto. • Pérdida de vidas humanas por colapso de infraestructura. • Afectación del equilibrio financiero del prestador de servicio por gastos en atención de emergencias. • Reducción de la capacidad de la tubería.
Inadecuada disposición de residuos líquidos	• Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. • Incremento de enfermedades de origen hídrico. • Afectación de la calidad de agua para consumo humano de las fuentes abastecedoras y por tanto incremento en la presión sobre el recurso en busca de fuentes alternas. • Incremento en los costos de potabilización de agua. • Reducción de la biodiversidad, en especial de la hidrofauna. • Las crecientes de las diferentes fuentes originan refluo en la infraestructura de alcantarillado conllevando a inundaciones con residuos líquidos en las zonas bajas de los municipios ribereños. • Contaminación de suelos inundados por depósito de patógenos presentes en la carga orgánica de las aguas residuales. • Incremento de problemas asociados a la salud de la población.

Fuente: (MVCT y UNGRD, 2014).

1.3.3 Análisis de vulnerabilidad

Para entender y valorar la vulnerabilidad de los elementos expuestos de la infraestructura de agua potable y saneamiento, es importante que el formulador de proyectos conozca la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de sufrir efectos adversos en caso de materializarse una amenaza. Así mismo, debe ser analizada la exposición de los elementos ante los diferentes fenómenos amenazantes para establecer que tanto puede verse afectado en algún momento dado.

En los proyectos de infraestructura de acueducto, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y saneamiento básico (letrinas) se pueden presentar vulnerabilidades propias de la falta de análisis de riesgos, diseño, planificación, programación, uso y mantenimiento. De hecho, se puede citar como ejemplos de vulnerabilidad para los sistemas: diseño inadecuado, construcción deficiente de los sistemas de agua potable y saneamiento, protección inadecuada de los bienes y capitales, falta de información y de concientización pública, limitado conocimiento oficial del riesgo y de las medidas de preparación, programas deficientes de mantenimiento, dependencia de recursos y factores externos sobre los que no se tiene responsabilidad de gestión, falta de preparación del recurso humano y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente, entre los principales ejemplos (BID, Banco Interamericano de Desarrollo, 2019).

La “Guía con lineamientos para incorporar Análisis de Riesgo de Desastres en proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para municipios de categoría 4, 5 y 6” del DNP, recomienda que el análisis de vulnerabilidad sea abordado desde lo físico (estimación de daños posibles en los componentes de la infraestructura), lo operativo (valoración de la capacidad remanente para prestar el servicio, incluye el cálculo del tiempo en el cual el sistema será rehabilitado) y lo organizativo (análisis que permite determinar la capacidad institucional y empresarial de respuesta); teniendo en cuenta si es un sistema nuevo, ampliación, reparaciones o mantenimientos.

Tabla 4. Vulnerabilidad en proyectos de agua potable y saneamiento

Sistema	Componente	Evaluación
Sistema de acueducto	• Obras civiles, como son: captación, obras de protección, aducción, canales, desarenador, plantas de tratamiento de agua potable, caja puente y tanques. • Elementos de soporte, como son las estaciones de bombeo, los sistemas eléctricos y laboratorios.	• Tipo de material • Estado • Año de construcción • Estructura • Estado • Año de instalación • Redundancia • Caudal o potencia • Tiempo de recuperación
	• Conducción de aguas por tubería.	• Tipo • Diámetro • Estado • Unión • Año de la tubería. • Anclajes • Considerar si está enterrada, a media ladera, al aire libre o adosada a puentes, cuenta con obras de estabilización de taludes, entre otros.

Sistema	Componente	Evaluación
		• Evaluación detallada del uso de químicos, considerando la estructura para la cloración y el manejo mismo del cloro. • Redundancia y recuperación
	• Accesorios	• Año de instalación • Estado de las uniones y de los diferentes accesorios.
Sistemas de Alcantarillado	• Obras civiles, como son cámaras, obras de protección, box coulvert y Cabezales.	• Tipo de material • Estado • Año de construcción
	• Conducción de agua por tubería.	• Tipo • Diámetro • Estado • Unión • Año de la tubería • Considerar si está enterrada, a media ladera, al aire libre o adosada a puentes, entre otros
	• Accesorios.	• Tipo • Año de instalación • Estado de las uniones
	• Plantas de tratamiento de aguas residuales.	• Variables de las obras civiles.

Fuente: (DNP, 2021).

Finalmente, el análisis de vulnerabilidad en la etapa de preinversión, juega un papel fundamental en la viabilización del proyecto, ya que permite examinar las condiciones de exposición, fragilidad y resiliencia existentes, para definir mecanismos y medidas que permitan reducir el riesgo al que puede estar expuesto el proyecto (DNP, 2021).



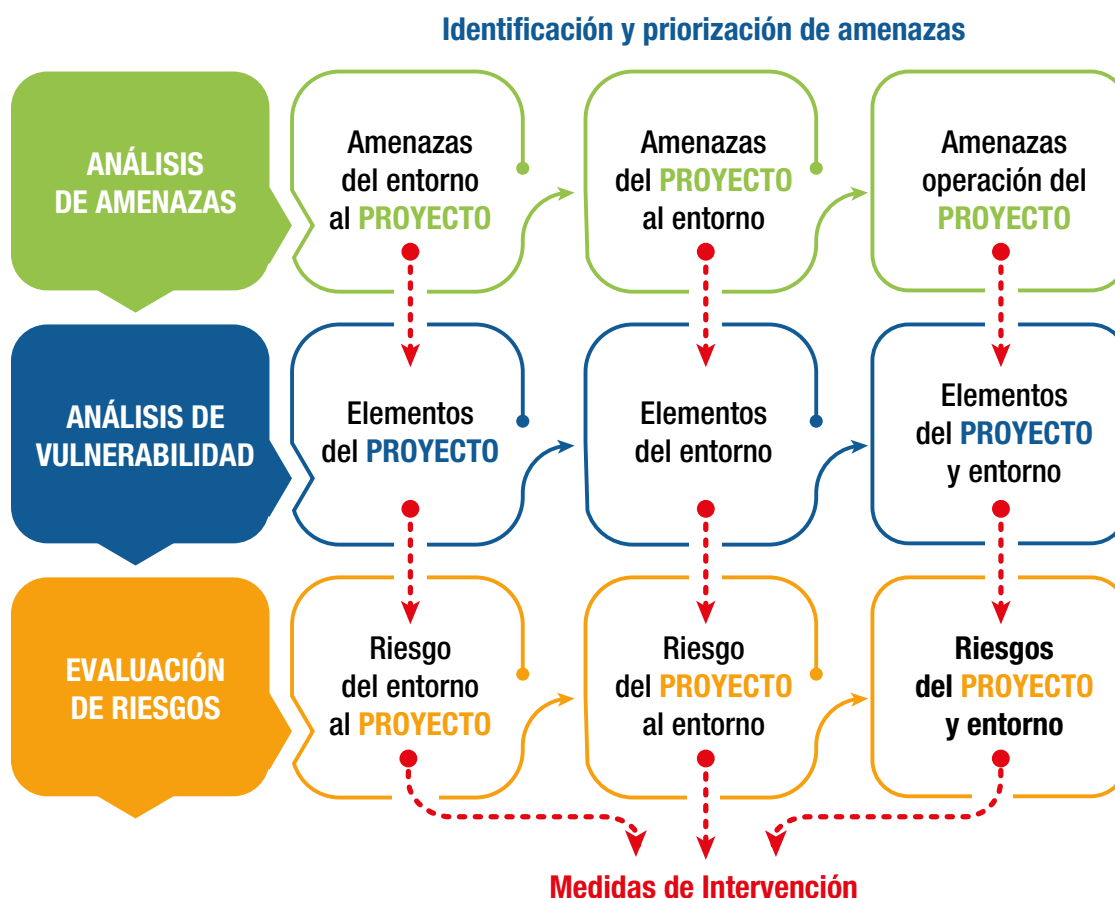
*Comunidad
inundada,
sistema de agua
y saneamiento
colapsado*

2. ANÁLISIS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y EXPOSICIÓN PARA PROYECTOS EN LAS ETAPAS DE PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD

Una vez se han tenido en cuenta los aspectos y conceptos básicos para incorporar el análisis de riesgo en la etapa de preinversión de un proyecto de acueducto, alcantarillado, sistemas de tratamiento de aguas residuales y saneamiento básico (letrinas), tales como, el ciclo del proyecto y los conceptos de análisis de riesgo, la metodología contempla cuatro (4) elementos técnicos fundamentales para el análisis de amenaza, vulnerabilidad y exposición.

1. El abordaje del análisis debe considerar tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos de la futura operación del proyecto que afecten en los elementos expuestos, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 6. Dimensiones del análisis de riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento



El realizar el análisis contemplando estas tres dimensiones busca identificar las condiciones del contexto externo e interno del proyecto para la toma de decisiones frente a la reducción y/o mitigación del riesgo y/o al manejo de emergencias.

2. El análisis debe considerar la clasificación de los componentes de los sistemas de agua potable y saneamiento en los dos grupos de estructuras, como se determinó en el capítulo 2, G1-trazado (tuberías) y G2-ubicación (estructuras puntuales).
3. En la medida que la formulación y estructuración del proyecto va avanzando en las etapas de la preinversión se deben considerar los estudios y diseños al nivel de detalle requerido en cada etapa (prefactibilidad – Estudios Básicos y Factibilidad – Estudios de Detalle). Lo anterior, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 48 del Decreto No. 180-2003 “Ley de Ordenamiento Territorial”, que fija para el mapa municipal de zonificación territorial una escala comprendida entre 1:500 y 1:50.000 y representaciones gráficas o digitales en escala conveniente, de acuerdo al territorio y la población (para los asentamientos humanos se utilizarán las escalas preferentemente comprendidas entre 1:500 y 1:10.000 y representaciones gráficas o digitales en escala conveniente).
4. Incorporar la variabilidad climática y cambio climático en la variación de la recurrencia y magnitud de los eventos amenazantes sobre un territorio, serán el punto de partida para realizar el análisis de vulnerabilidad de los componentes.

2.1 Análisis de la amenaza – prefactibilidad

Los sistemas de acueducto, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y saneamiento básico (letrinas y sistemas individuales) incorporan un conjunto de componentes, estructuras y tuberías, vitales para el acceso al agua potable y saneamiento de la población, razón por la cual, desde la fase de preinversión de los proyectos, se deben incorporar criterios y elementos técnicos que consideren el análisis de amenazas, dado que, ante un evento, se debe garantizar como mínimo la continuidad y calidad de los servicios.

Lo anterior, se configura en un elemento clave para la toma de decisiones en la fase de prefactibilidad, en la cual se aborda la formulación y estructuración del proyecto realizando la elaboración de estudios básicos, la formulación y análisis de alternativas y la selección de la mejor alternativa.

2.1.1 Incorporación de gestión del cambio climático y variabilidad climática en el análisis de amenazas

La caracterización de las amenazas debidas a eventos de la naturaleza constituye una de las actividades más relevantes para la evaluación del riesgo. La amenaza se caracteriza mediante un conjunto amplio de escenarios, cada uno de ellos con una frecuencia anual media de ocurrencia, llamados eventos estocásticos. Cada evento se representa a su vez mediante la distribución geográfica de parámetros de intensidad que permitan establecer una relación con el daño potencial sobre los elementos expuestos (Yamin, Ghesquiere, Cardona, & Ordaz, 2013).

De lo anterior, es importante tener presente que Honduras es un país vulnerable a distintas amenazas naturales, que contribuyeron a generar 82 desastres entre 1970 y 2019, de los cuales 67 tuvieron causas hidrometeorológicas o climáticas. Destacan los desastres generados por los huracanes Fifi en 1974 y Mitch en 1998, que causaron 8.000 y 14.000 muertes, respectivamente. Las tormentas se han hecho cada vez más frecuentes en este país. Entre ambos huracanes hubo seis tormentas, y entre el huracán Mitch y la tormenta tropical Eta y el huracán Iota, ocurrieron 11 tormentas tropicales (BID, CEPAL, 2021).

Por tanto, la elaboración de estudios y diseños a nivel básico o detallado, y, por ende, la evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición debe incorporar el análisis de fenómenos de variabilidad climática y escenarios de cambio climático¹ que puedan llegarse a presentar, toda vez que esto incidirá en la aprobación, cumplimiento de indicadores, financiación y vida útil del proyecto. Para ello, es importante tener presente las siguientes definiciones orientadoras:

- ▶ **Cambio climático:** Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (artículo 7 del Decreto No. 297-2013²).
- ▶ **Variabilidad climática:** Las variaciones del estado medio y otras características estadísticas del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos (artículo 7 del Decreto No. 297-2013).

¹ Los escenarios de cambio climático son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos.

² Ley de cambio climático.

Estos elementos son clave, puesto que, de acuerdo con las normas de diseño del Servicio Autónomo de Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), los sistemas de agua potable y saneamiento se deben proyectar a un horizonte de 20 años, lo que implica incorporar criterios tanto de variabilidad climática como de cambio climático dada la vida útil de los sistemas.

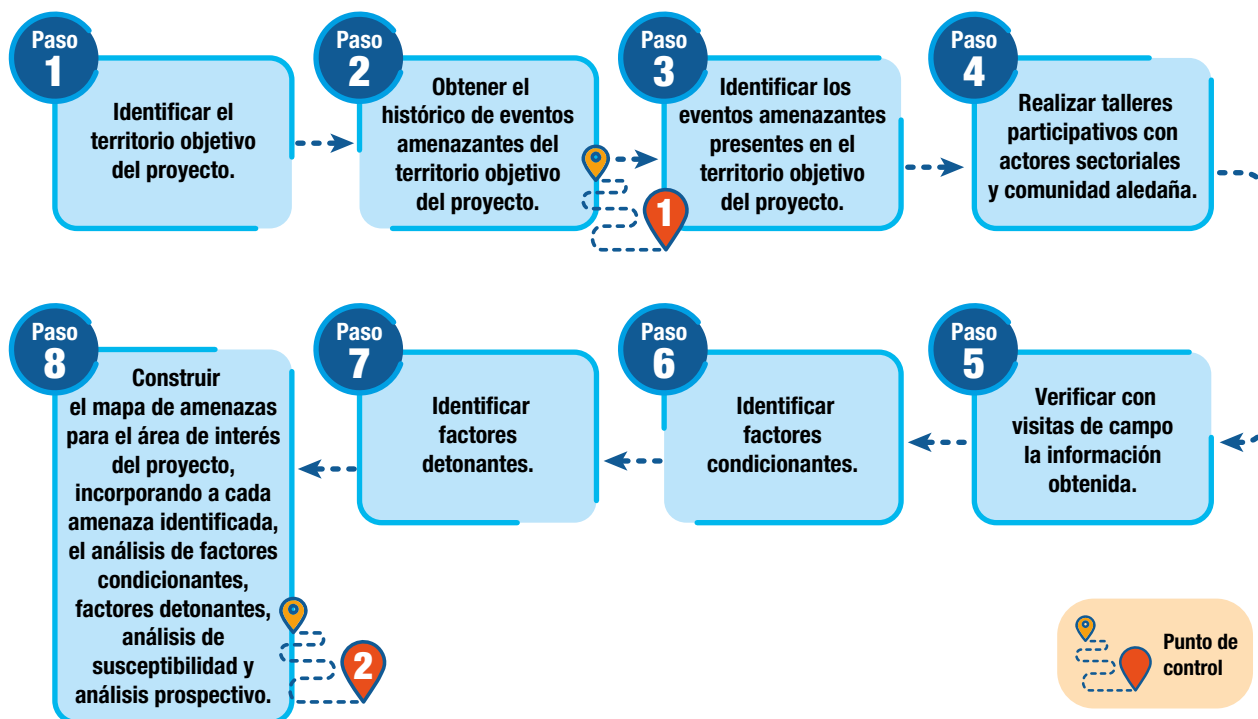
Sumado a esto, las variables de temperatura y precipitación están directamente relacionadas con las tendencias y escenarios de cambio climático (proyección a mediano y largo plazo), así como con los fenómenos de variabilidad climática (corto plazo), condiciones que inciden directamente en la planeación y prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, especialmente en lo relacionado con la disponibilidad de agua por eventos amenazantes de sequía, y por el otro extremo, estos fenómenos se comportan como activadores o factores detonantes de eventos amenazantes como inundaciones, movimientos en masa y avenidas torrenciales por efectos del incremento de precipitaciones; por lo tanto, para el análisis de la amenaza se deben incorporar estos criterios (DNP, 2021).

Un estudio hecho por USAID en la zona de La Ceiba hizo proyecciones sobre posibles cambios climáticos para la costa norte de Honduras para el año 2050, donde se presentó la proyección de un incremento en la temperatura de 1,5 °C (rango: 0,8-2 °C), al igual que un aumento de 11% en la frecuencia de episodios de precipitaciones intensas, y de 6% en las velocidades máximas del viento de los huracanes con respecto a los niveles de 1990. Las proyecciones también nos alertan que se prevé un aumento promedio de 20 cm (rango: 6-60 cm) del nivel del mar para el año 2050 (COPECO, 2011).

2.1.2 Procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenaza en la prefactibilidad

Considerando lo anterior, en la siguiente figura se presenta el procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenazas en la etapa de prefactibilidad para proyectos de agua potable y saneamiento (incluye el tratamiento de aguas residuales), el cual define un conjunto de actividades que deben ser abordadas por el formulador y tenidas en cuenta por el evaluador del proyecto, para este último, se identifican puntos de control específicos.

Figura 7. Procedimiento para el análisis de amenazas prefactibilidad



Fuente: Elaboración propia.



Paso 1

Identificar el territorio objetivo del proyecto

La identificación del territorio objetivo o área de interés del proyecto está asociada directamente con los resultados de las etapas de idea y perfil del proyecto, en las cuales, se refiere al desarrollo de actividades preliminares para identificar el problema o la necesidad que se va a satisfacer y se identifican las alternativas básicas mediante las cuales se resolverá el problema, se evalúan las diferentes alternativas, partiendo de información técnica, y se descartan las que no son viables. Por lo general, la información en que se apoya la elaboración del perfil proviene de fuentes de origen secundario.

Por lo general los sistemas de agua potable y saneamiento se construyen en el área de un municipio específico, sin embargo, existen sistemas que pueden tener componentes ubicados en más de un municipio, el caso común está dado por la disponibilidad de fuentes de agua y el trazado de tuberías o, debido a la estructuración de proyectos regionales.

En este paso es importante contar con cartografía oficial en formato digital del o los municipios donde se va a construir el proyecto.



Paso 2

Obtener el histórico de eventos amenazantes del territorio objetivo del proyecto

El análisis de la amenaza involucra, por lo general, la evaluación detallada de los eventos pasados. Los catálogos de eventos históricos pueden ser generados por medios instrumentales, así como por fuentes de información documental. La investigación de eventos pasados debe indagar sobre los efectos locales asociados con la intensidad de cada evento y establecer su patrón de recurrencia, esto es, las fechas en las cuales ocurrieron eventos similares en el pasado. Aunque la información histórica es con frecuencia insuficiente (la más reciente es la más confiable), desempeña un papel importante en el análisis de la amenaza y contribuye a determinar las bases para los análisis posteriores (Yamin, Ghesquiere, Cardona, & Ordaz, 2013).

Para obtener el histórico de eventos amenazantes del territorio objetivo del proyecto se cuenta con diferentes fuentes de información secundaria, algunas de ellas se mencionan a continuación:

- ▶ La data del Sistema de Inventario de Desastres, Desinventar de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), cuenta con una serie de datos relacionada con eventos ocurridos en el país y que puede ser consultada en DesInventar Project - Official Website.
- ▶ El Geo Portal de riesgos de COPECO, es un gestor de contenidos geoespaciales para visualizar y publicar datos espaciales. Esta herramienta puede ser utilizada para tomar decisiones informadas y planificar de forma eficiente la gestión de los recursos y la prevención de desastres.
- ▶ Se debe realizar una consulta exhaustiva de estudios, cartografía o bases de datos disponibles relacionadas con la caracterización o identificación de amenazas en el territorio desarrollada por entidades del orden nacional o regional.
- ▶ Información de instrumentos de planeación del territorio ya sea, en Planes Estratégicos de Desarrollo Municipal, Planes Municipales de Ordenamiento Territorial, Planes Municipales de Gestión de Riesgos y Planes Regionales de Ordenamiento Territorial a nivel de Mancomunidad, en lo referente a la identificación de zonas en condición de amenaza.



Paso 3

Identificar los eventos amenazantes presentes en el territorio objetivo del proyecto



Matriz de históricos y recurrencia de eventos amenazantes

Con la información obtenida del histórico de eventos amenazantes que se han presentado en el territorio objetivo del proyecto, identifique como mínimo su recurrencia a partir de los siguientes datos: fecha de ocurrencia, componente(s) afectado(s), ubicación en el territorio y fuente de información. Para el diligenciamiento de estos datos se sugiere utilizar las siguientes tablas:

Tabla 5. Formato de Matriz de Histórico de eventos amenazantes (agua potable y saneamiento)³

Tipo de evento	Fecha de ocurrencia	Componentes afectados	Ubicación en el territorio	Fuente de información
Avenida torrencial				
Sequia				
Inundación				
Deslizamiento				
Sismo				
Incendios				
Erupción volcánica				
(...)				

Tabla 6. Formato de matriz de recurrencia de los eventos amenazantes identificados

Tipo de evento	Recurrencia de más de 20 años	Recurrencia entre los últimos 10 y 5 años	Recurrencia entre los últimos 5 y 1 año	Recurrencia en el último año	Total de eventos	% Recurrencia sobre el total
Avenida torrencial						
Sequia						
Inundación						
Deslizamiento						
Sismo						
Incendios						
Erupción volcánica						
(...)						

Fuente: (DNP, 2021).

³ En la tabla se deben registrar todos los eventos que se encuentran en las bases de datos existentes, es decir, se deben registrar todos los datos que se repitan de un mismo evento en diferentes fechas.

Con el fin de fortalecer la información obtenida o en caso de no contar con información suficiente, la misma se debe construir acudiendo a la realización de consultas y mesas de trabajo con entidades territoriales, actores de la Comisión de Emergencia Departamental (CODED), los Comités de Emergencia Municipales (CODEM) y la Comisión de Emergencias Locales (CODEL), los líderes comunales, actores privados, ONG's, medios de comunicación locales o regionales, prestadores del servicio y con la población localizada en el territorio objetivo de intervención.

Igualmente se recomienda realizar observaciones y mediciones de campo; análisis y revisión de información técnico - científica disponible (mapas fotografías aéreas, ortofotomapas, imágenes de satélite, informes, etc.), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específicos, estas actividades son fundamentales realizarlas en caso de no contar con información de histórico de eventos amenazantes.



Paso 4

Realizar talleres participativos con actores sectoriales y comunidad

Este paso es fundamental cuando no se cuenta con información secundaria suficiente o para corroborar la información encontrada previamente.

Primero se deben identificar las organizaciones sociales y líderes comunales presentes en el área de interés del proyecto, esto, con el fin de obtener información detallada de amenazas identificadas o eventos que se hayan presentado en la zona donde se va a construir la infraestructura. Luego, se deben realizar talleres participativos con la comunidad para recopilar información mediante metodologías ágiles y de fácil comprensión.



Paso 5

Verificar con visitas de campo la información obtenida

Teniendo en cuenta la escala definida para la etapa de prefactibilidad, el trazado o ubicación de infraestructura, su área de interés, la información obtenida con líderes y comunidad aledaña (Paso 4), y a criterio del equipo de profesionales involucrado en la formulación y estructuración del proyecto, realice trabajos en terreno que permita obtener un inventario de amenazas identificadas (es importante resaltar acá que el equipo debe ser multidisciplinario y que se debe vincular al operador del sistema a las visitas), considerando entre otros, los siguientes aspectos:

Tabla 7. Aspectos que considerar para trabajos en terreno

Fenómenos amenazantes/ amenazas	Aspectos que incorporar para trabajo en terreno
Fenómenos hidrometeorológicos (Inundaciones lentas, flujos o avenidas torrenciales, deslizamiento o crecientes súbitas)	• Zonas de erosión, llanuras de inundación, depósitos de material (suelo, roca, entre otros), zonas de ronda hidráulica y zonas de manejo y preservación ambiental, topografía, batimetría, obstáculos del flujo tanto naturales como antrópicos, estructuras de control de inundaciones, cambios en el uso del suelo, análisis hidrológico e hidráulico, altura de niveles de las olas, entre otros aspectos.
Fenómenos asociados a inestabilidad del terreno, deslizamiento	• Vegetación, cobertura vegetal, características de taludes, laderas, relieve, criterios geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, cambios en el uso del suelo, entre otros aspectos.
Fenómenos sísmicos	• Tipo de suelos, fallas geológicas, relieve, depósitos de material (suelo, roca, entre otros), entre otras.
Pérdida de cobertura vegetal por deforestación	• Señales de reducción de biodiversidad, degradación del suelo (erosión), desecamiento de fuentes hídricas, contaminación de agua y suelo, entre otras.

Fuente: (DNP, 2021).

De igual manera, el Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido desarrollado por la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), en su Anexo 1 describe las variables a considerar para evaluar las amenazas en la visita de campo.

El mismo manual en su numeral 3.2. “Visita al sitio para inspección ocular”, describe como se debe realizar la identificación de algún nivel de amenaza en la zona y su frecuencia de ocurrencia (plantea contar con un GPS para localizar las coordenadas del lugar).

Es fundamental hacer un análisis de la zona y sus alrededores, no únicamente del terreno donde se localizará el proyecto (COPECO, 2011).

El manual también recomienda realizar entrevistas a pobladores y desarrollar talleres participativos para aplicar la matriz de análisis de escenarios de desastre del Anexo 11 de ese documento.

Adicional a la información asociada con los aspectos a considerar definidos en la tabla anterior, se debe igualmente levantar información en terreno relacionada con la infraestructura existente en el entorno del proyecto (otras redes o componentes asociados a la prestación de servicios públicos, vías, viviendas, establecimientos de salud, establecimientos educativos, albergues, entre otra infraestructura).



Paso 6

Identificar factores condicionantes

Recordemos que los factores condicionantes son parámetros propios del ámbito geográfico del estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial (CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014), por tanto, en este paso se deben identificar por cada amenaza o fenómeno amenazante, las características de los factores condicionantes asociados al terreno definido para el trazado y ubicación de la infraestructura para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y saneamiento básico, teniendo en cuenta la siguiente orientación, la cual puede variar dependiendo el fenómeno a ser analizado y las características particulares del proyecto y su entorno.

Tabla 8. Elementos técnicos para considerar en la identificación de factores condicionantes

Factor Condicionante	Producto que obtener
Hidrología	• Cartografía de la distribución espacial y temporal del recurso hídrico, así como de las características de la humedad del suelo, escorrentía, evaporación, entre otros aspectos.
Climatología	• Se sugiere el uso de escenarios climáticos por inundación o por sequía.
Geología	• Cartografía de la distribución y propiedades físicas y mecánicas de las rocas y los suelos, cambios o alteraciones experimentadas desde su origen, así como las características del agua subterránea.
Geomorfología	• Cartografía de las características de las formas del terreno, su distribución y las relaciones entre sí.
Fisiografía	• Cartografía de las características del paisaje, cobertura vegetal, topografía, pendiente dominante, entre otros aspectos.
Edafología	• Cartografía de la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

Fuente: (DNP, 2021).

Recuerde que la cartografía para cada factor condicionante se debe realizar respetando la escala definida para la etapa de prefactibilidad, es decir, entre 1:500 y 1:50.000. Estas escalas pueden ser de mayor detalle dependiendo las necesidades del equipo formulador o estructurador; en todo caso la cartografía se debe realizar en medio digital que permita el uso de sistemas de información geográfica.



Paso 7

Identificar factores detonantes

Una vez obtenidos los mapas de susceptibilidad para cada fenómeno amenazante, relacionados con la naturaleza, estructura, forma del terreno e histórico de eventos; identifique los factores detonantes, los cuales, al actuar sobre el terreno o área del proyecto, modifica sus propiedades y características, desencadenando cambios en sus condiciones, favoreciendo la ocurrencia de uno o varios eventos; por ejemplo, las precipitaciones, cambios en las condiciones hidrogeológicas o sismos, exacerban la ocurrencia de eventos por movimiento en masa. En la siguiente tabla se presentan algunos de los factores detonantes representativos.

Tabla 9. Factores detonantes de acuerdo con su origen

Origen	Detonante
Hidrometeorológicos	• Precipitaciones, temperatura, viento, humedad del aire, brillo solar, etc.
Geológicas	• Colisión de placas tectónicas, sismos, zonas de actividad volcánica, fallas geológicas, movimientos de masas, desprendimiento de grandes bloques, etc.
Antrópico	• Actividades económicas, sobre explotación de recursos naturales, infraestructura, asentamientos humanos, crecimiento demográfico, incendios, etc.

Fuente: Adaptada de (CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

Los factores detonantes actúan de manera específica para cada amenaza o fenómeno amenazante y su impacto depende de los factores condicionantes, es decir, de las condiciones propias del terreno y del entorno objeto de análisis; como se observa en la tabla anterior, las precipitaciones y la temperatura están identificadas como detonantes de origen hidrometereológico, razón por la cual los fenómenos de variabilidad se pueden incorporar en el análisis siempre y cuando se incluya en el modelo seleccionado, la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos expresados en intensidad o frecuencia, o se hayan utilizado modelos no estacionales. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se relacionan algunos fenómenos amenazantes con factores detonantes que se pueden integrar en el análisis.

Tabla 10. Factores detonantes y su posible relación con fenómenos amenazantes

Amenaza o fenómeno amenazante	Factor(es) Detonantes
Deslizamiento	• Sismos: Imposición de cargas dinámicas al talud • Precipitaciones: Saturación del suelo • Actividad antrópica: Alteración de las condiciones físicas de esfuerzos, morfología y drenaje • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de precipitación
Inundaciones	• Precipitaciones: Saturación de la cuenca • Actividad antrópica: Cambios en los usos del suelo, alteración del curso y sección de los cauces, alteración de las zonas de amortiguamiento en áreas protegidas. • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de precipitación
Avenidas torrenciales	• Precipitaciones: Saturación de la cuenca y suelo • Erupción volcánica: Alteración de caudal y aporte de material de arrastre • Movimientos en masa: Aporte de material de arrastre • Sismos: Cargas y desprendimiento de material de arrastre • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de precipitación
Sequía	• Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de temperatura
Incendios forestales	• Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de temperatura • Actividad antrópica • Tipo de vegetación

Fuente: (DNP, 2021).

Paso 8



Construir el mapa de amenazas para el área de interés del proyecto, incorporando a cada amenaza identificada, el análisis de factores condicionantes, factores detonantes, análisis de susceptibilidad y análisis prospectivo



Mapas de amenazas identificadas etapa de prefactibilidad

Construya para cada fenómeno amenazante identificado, la respectiva cartografía o mapas donde se represente la susceptibilidad, entendida como la predisposición de un territorio a presentar determinados fenómenos amenazantes; esta cartografía se debe construir sobre la obtenida en el paso 6 (factores condicionantes) y paso 7 (factores detonantes), en la cual se debe incorporar y cruzar toda la información recabada en los pasos 1 al 7, de tal manera que se obtenga una delimitación de áreas o polígonos y se caractericen las amenazas (amenaza alta, media o baja), según los datos obtenidos y a criterio del equipo estructurador y formulador.

El mapa de cada amenaza debe ser elaborado a partir de la implementación de métodos cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos aplicables de acuerdo con la información recabada, y atendiendo el alcance sugerido en este documento.

El Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido desarrollado por la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), en su Anexo 2 describe el análisis de amenazas siconaturales con apoyo del SIG.

El mismo manual contiene matrices y herramientas para analizar las amenazas de inundación fluvial, marina, deslizamientos y flujos de lodo. De igual manera, plantea que para el análisis de amenaza es importante contar con mapas de susceptibilidad y que cuando no se cuente con ellos se puede establecer, por ejemplo, la relación entre el tipo de geología, la geomorfología y la propensión a movimientos de ladera; para lo cual describe alguna de las relaciones identificadas de forma general entre la geología y los movimientos de ladera para las principales formaciones geológicas de Honduras (estas relaciones pueden ser indicativas para una primera aproximación previa a la visita de campo) (COPECO, 2011).

Es importante considerar que, dentro del análisis de amenaza en un proyecto asociado con la construcción de infraestructura para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, cuya vida útil se estima en un periodo mínimo de 20 años, se debe incorporar los escenarios de cambio climático.

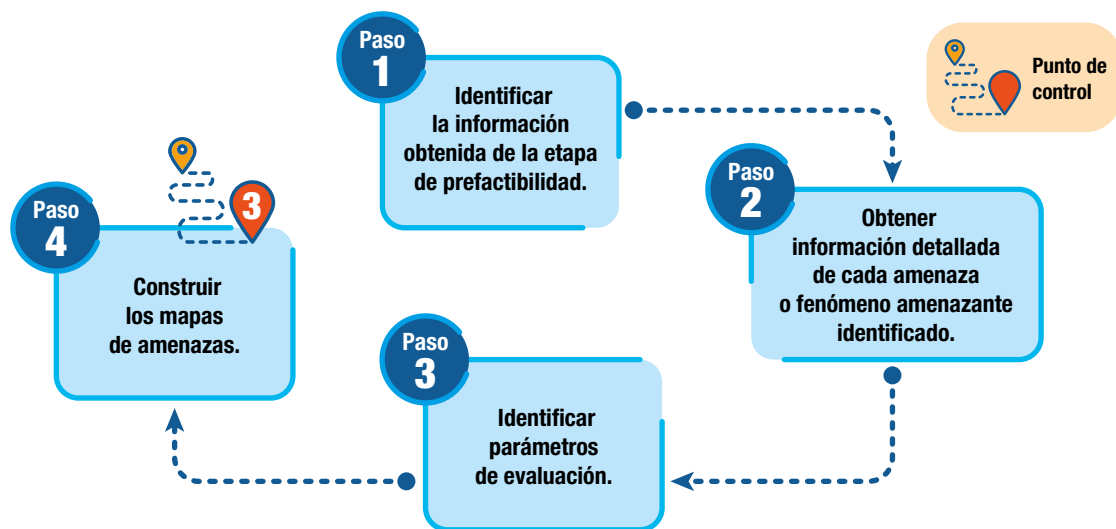
2.2 Análisis de amenaza – factibilidad

Cuando entramos en la etapa de factibilidad, ya se tiene definida la mejor alternativa para atender la necesidad de acceso a agua potable y saneamiento de la población objetivo, razón por la cual la principal diferencia con la etapa de prefactibilidad es que, en la factibilidad, se deben realizar estudios a un mayor nivel de detalle, diseños definitivos. Dado lo anterior, el análisis de amenaza(s) debe ser a una escala de mayor detalle para poder establecer con precisión la incidencia de los eventos amenazantes sobre la infraestructura a construir.

2.2.1 Procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenaza en la factibilidad.

El análisis de amenaza en la etapa de factibilidad se centra en poder analizar con mayor detalle cada una de las amenazas identificadas y poder construir un mapa de amenazas detallado sobre el territorio objetivo, en la siguiente figura se presenta el procedimiento metodológico para la incorporación del análisis de amenaza en la etapa de factibilidad para proyectos de sistemas de acueducto, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y saneamiento básico, el cual plantea una serie de pasos que deben ser abordados por el formulador y tenidos en cuenta por el viabilizador del proyecto, para este último, se identifican puntos de control específicos.

Figura 8. Procedimiento para el análisis de amenaza en etapa de factibilidad



Fuente: Elaboración propia.



Paso 1

Identificar la información obtenida de la etapa de prefactibilidad

Una vez seleccionada la mejor alternativa es importante revisar la información utilizada en la etapa de prefactibilidad, analizando los criterios de gestión de riesgo que se tuvieron en cuenta en el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; identifique y relacione la información de las amenazas que fueron incluidas en los estudios y diseños básicos.



Paso 2

Obtener información detallada de cada amenaza o fenómeno amenazante identificado

Si bien, para estas instancias, se cuenta con información recabada en la etapa de prefactibilidad sobre la caracterización de las amenazas identificadas (amenaza alta, media o baja) de acuerdo con la información obtenida y el criterio de los expertos; en este paso el objetivo es contar con un mayor nivel de detalle para cada una de las amenazas o fenómenos amenazantes, por lo cual se sugiere tener en cuenta los requerimientos de información y métodos sugeridos para su obtención que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 11. Información detallada de amenazas o eventos amenazantes de origen natural

Amenaza o fenómeno amenazante	Información requerida por el equipo formulador y estructurador del proyecto	Tipos de datos/métodos para su obtención
Inundaciones (fluviales y costeras)	• Extensión y localización de la superficie inundada o propensa a inundaciones. • Nivel y duración de la inundación • Velocidad del caudal. • Velocidad de crecimiento del nivel de agua y de descarga. • Cantidad de lodo depositado o en suspensión. • Frecuencia y momento de ocurrencia (incluida estacionalidad). • Volumen e intensidad de las precipitaciones en las zonas propensas a las inundaciones y alrededores. • Obstáculos naturales o de origen humano al flujo del agua y estructuras de control de inundaciones. • Período de alerta. • En zonas costeras: tipo de marea y características de los vientos del mar; altura de las olas provocadas por ciclones.	• Registros históricos sobre frecuencia, ubicación, características y efectos de eventos pasados. • Datos meteorológicos: registros de precipitaciones (y deshielo), y seguimiento (p. ej., pluviómetros). • Mapeo topográfico y levantamiento altimétrico en zonas cercanas a la costa, sistemas fluviales y cuencas de captación; mapeo geomorfológico; mapeo de fases secuenciales de inundación. • Mapeo de recursos naturales y del uso de la tierra. • Estimación de la capacidad del sistema hidrológico y la cuenca de captación. • Datos hidrológicos sobre caudales, magnitud (incluidas descargas máximas) y frecuencia de las inundaciones, morfología fluvial, propiedades de infiltración del suelo. • Estimaciones hidrológicas sobre descargas, caudales y características asociadas de futuras inundaciones; análisis de la frecuencia de inundaciones. • En zonas costeras: registros de mareas y niveles del mar, datos meteorológicos sobre velocidad y dirección de los vientos. • Previsiones meteorológicas a largo plazo y estacionales; modelos de cambio climático.

Amenaza o fenómeno amenazante	Información requerida por el equipo formulador y estructurador del proyecto	Tipos de datos/métodos para su obtención
Tormentas de viento (incluidos huracanes, ciclones tropicales y tornados)	• Localización y extensión de las áreas que pueden verse afectadas. • Frecuencia (incluida estacionalidad) y patrones de dirección del viento. • Velocidad y dirección del viento; escalas de intensidad del viento y los temporales (p. ej., Beaufort); escalas locales relativas a huracanes/tifones • Condiciones de presión asociadas, precipitaciones y mareas de tormenta. • Período de alerta.	• Registros históricos y climatológicos sobre frecuencia, localización, características (incluidas trayectorias de ciclones y tornados) y efectos de anteriores eventos en el área del proyecto y en áreas vecinas (o países vecinos) que afrontan condiciones similares. • Registros meteorológicos de velocidades y direcciones del viento en estaciones meteorológicas. • Previsiones meteorológicas a largo plazo y estacionales, modelos de cambio climático. • Topografía y geomorfología de las superficies afectadas (si existe riesgo de inundaciones por fuertes precipitaciones o mareas de tormenta, véanse también datos relativos a inundaciones).
Sequía (meteorológica e hidrológica)	• Nivel de precipitaciones, déficits. • Frecuencia y momento de ocurrencia de precipitaciones y sequías (incluida estacionalidad); duración de los períodos de sequía. • Nivel del agua (acuíferos, ríos, lagos, etc.). • Características de retención del agua en los suelos. • Período de alerta. • Aspectos biológicos asociados (p. ej., plagas, plantas invasoras).	• Mediciones regulares (p. ej., pluviómetros) y mapeo de precipitaciones y deshielo. • Estudios/análisis del tipo de suelos y su contenido de humedad. • Estudios y seguimiento de fuentes de agua. • Estudios de la vegetación (incluidos mapeo y fotografías aéreas) y seguimiento del rendimiento de los cultivos. • Registros históricos sobre frecuencia, localización, características y efectos de anteriores eventos (incluidos registros a largo plazo de fluctuaciones en las precipitaciones). • Previsiones meteorológicas a largo plazo y estacionales; modelos de cambio climático.
Terremotos	• Localización y extensión de zonas de peligro sísmico conocido, epicentros, fallas, sistemas de fallas, etc. • Magnitud (energía liberada en el epicentro) e intensidad (gravedad de la sacudida) de los terremotos en la región. • Otras características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas que influyen en las sacudidas y la deformación de la corteza terrestre.	• Zonificación y microzonificación (mapeo/registro de todos los parámetros sismológicos, geológicos, hidrogeológicos necesarios para la planificación del proyecto en una zona determinada, de acuerdo con las fuentes indicadas más abajo). • Mapas de fuentes sismogénicas (fallas, sistemas de fallas). • Mapas y estudios geológicos y geomorfológicos (véase también deslizamientos de tierras).

Amenaza o fenómeno amenazante	Información requerida por el equipo formulador y estructurador del proyecto	Tipos de datos/métodos para su obtención
	- Efectos secundarios potenciales: deslizamientos de tierras o de lodo, avalanchas; inundaciones por rotura de presas o tsunamis; incendios; contaminación por daños en plantas industriales. - Frecuencia.	- Datos sobre ocurrencia, localización, características (magnitud, intensidad, etc.) y efectos de anteriores terremotos. - Cálculos de aceleraciones máximas del suelo.
Volcanes	- Localización de volcanes y estado actual de la actividad volcánica (volcanes activos, inactivos, extintos). - Historia y características de cada una de las erupciones, procesos que las causaron, frecuencia. - Zonas de riesgo frente a erupciones; alcance del material expulsado y dirección del flujo de material volcánico. - Volumen y tipo de material expulsado (p. ej., lluvia de cenizas, flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares, emisiones de gas). - Explosividad volcánica y duración de la erupción. - Período de alerta.	- Estudios y mapas geológicos, de acuerdo con datos de estudios geológicos sobre frecuencia, extensión y características de erupciones anteriores. - Mapas de amenazas/zonificación (de acuerdo con datos geológicos). - Registros históricos sobre frecuencia, localización, características y efectos de anteriores eventos. - Seguimiento y observación/registro de fenómenos precursores (incluidos sismicidad, deformación del suelo, fenómenos hidrotermales, emisiones de gases).
Movimientos en masa	- Volumen y tipo de material desplazado, superficie enterrada o afectada, velocidad. - Características naturales que afectan a la estabilidad de las laderas (composición y estructura de la roca y el suelo, inclinación de las laderas, nivel freático). - Otras causas externas detonantes: sismicidad, precipitaciones. - Vegetación y uso de la tierra (incluidas actividades de construcción, terraplenes, montículos hechos por el hombre, fosas de residuos, escombreras, etc.).	- Determinación de la localización y la extensión de anteriores deslizamientos anteriores de tierras o fallas del terreno mediante estudios topográficos, mapeos y fotografías aéreas. - Mapeo/estudios topográficos de formaciones rocosas y sus características, geología de superficies (tipos de suelos), geomorfología (pendiente y aspecto de laderas); hidrología (especialmente aguas subterráneas y drenaje). - Registros históricos de frecuencia, localización, características y efectos de eventos anteriores. - Determinación de la probabilidad de eventos desencadenantes como terremotos, ciclones y erupciones volcánicas. - Mapeo y estudios de la vegetación y el uso de la tierra. - Mapas de zonificación, de acuerdo con lo anterior.

Fuente: Adaptada de (Benson & Twigg, 2007).



Paso 3

Identificar parámetros de evaluación

Como ya sabemos, los parámetros de evaluación (magnitud, frecuencia, intensidad, periodo de retorno y duración) orientan la caracterización de las amenazas o fenómenos amenazantes identificados, facilitando así su evaluación e incorporación en el análisis del proyecto; por tanto, por cada amenaza o fenómeno, se deben identificar estos parámetros de manera detallada, para lo cual, en la siguiente tabla se aportan elementos técnicos a ser tenidos en cuenta.

Tabla 12. Elementos técnicos que considerar para la identificación de parámetros de evaluación

Amenaza o fenómeno amenazante	Parámetros de evaluación	Contenido técnico orientador
Sismo	Hipocentro	Es el punto en la profundidad de la tierra donde se libera la energía en un sismo, origen de las ondas sísmicas.
	Epicentro	Es el punto de la superficie de la tierra directamente sobre el hipocentro. Donde la intensidad del sismo es mayor.
	Magnitud	Es una dimensión (valor numérico) que depende de la energía producida por el foco sísmico en forma de ondas sísmicas.
	Intensidad	Es un parámetro que evalúa los efectos producidos (daños y pérdidas) por el sismo en una zona geográfica determinada.
	Profundidad (Km)	- Es un parámetro que ayuda a clasificar el sismo en función de la profundidad y se puede clasificar: *Superficiales: Se originan dentro de los primeros 70 km. *Intermedios: Entre los 70 km y 300 km. *Profundos: El hipocentro se encuentra a más de 300 km.
Tsunami	Magnitud	Liberación de energía debido al movimiento sísmico y/o erupción volcánica. La magnitud debe ser mayor a 7 (escala de Richter).
	Intensidad	Daños ocasionados por tsunamis anteriores (registros históricos, estadísticas, etc.).
	Batimetría	Mide las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar, lacustre o fluvial.
	Probabilidad	Cálculo de aparición del suceso basado en simulaciones (Run Up, altura de ola, velocidad, magnitud probable, etc.).
	Profundidad	La profundidad promedio desde el lecho marino es de 50 km (hipocentro del sismo).

Amenaza o fenómeno amenazante	Parámetros de evaluación	Contenido técnico orientador
Vulcanismo	Magnitud de masa	Masa total de material emitido.
	Intensidad	Es la razón a la que el magma es expulsado (masa / tiempo).
	Poder dispersivo	Es el área sobre el cual se distribuyen los productos volcánicos y está relacionada con la altura de la columna eruptiva.
	Violencia	Es una medida de la energía cinética liberada durante las explosiones, relacionada con el alcance de los fragmentos lanzados.
	Potencial destructivo	Es una medida de la extensión de la destrucción de edificaciones, tierras cultivables y vegetación, producida por una erupción.
Movimientos en masa	Textura de suelo	Grado de consistencia, conforme al tamaño de las partículas o los granos que la constituyen. Parámetro importante para la valoración de la retención de agua o amplificación de ondas sísmicas.
	Pendiente	Inclinación o gradiente de altura del terreno (ladera), generalmente se expresa en porcentaje.
	Erosión	Proceso de denudación que comprende el desgaste de la superficie terrestre mediante procesos físicos y/o químicos.
	Estratigrafía	Disposición de las rocas (orientación y ángulo de inclinación), espesor y composición de los estratos, lo que determina el grado de estabilidad.
	Velocidad de desplazamiento	Movimiento de los productos de meteorización pendiente abajo, o movimiento masivo de rocas o material suelto.
	Geología	Estudia la forma exterior de la tierra, la naturaleza de las materias que la componen y su formación, de los cambios y alteraciones que experimentan desde su origen.
Inundaciones	Geología	Características de las zonas de estudio como zonas relacionadas con procesos aluviales y su génesis.
	Geomorfología	Estudia las características del terreno, el tipo y distribución de la vegetación, la magnitud de las pendientes de la cuenca y la litología.
	Meteorología	Estudia la precipitación, la humedad y la temperatura.
	Hidrología	Estudia la distribución espacial y temporal, y las propiedades del agua. Incluyendo escorrentía, humedad de suelo, evapotranspiración, caudales y el equilibrio de las masas glaciares.
	Hidrografía	Características de la red de drenaje, obras realizadas en los cauces, los tipos de usos del suelo, etc.

Amenaza o fenómeno amenazante	Parámetros de evaluación	Contenido técnico orientador
Sequía	Magnitud	Déficit medio de precipitación o caudal durante el período de duración del evento seco. Puede medirse como la anomalía (porcentaje) o diferencia (en valor absoluto).
	Severidad	Déficit acumulado de caudal o precipitación para la duración del período seco.
	Duración	Número total de días, meses o años consecutivos durante el cual la precipitación o el caudal totales registrados son inferiores a la precipitación o el caudal medio de ese mismo período.
	Frecuencia	Número de casos que se producen durante un período determinado. Período de retorno del evento seco.
	Velocidad de Implantación	Tiempo transcurrido entre el momento de inicio del déficit de precipitación o caudal y el momento en que ese déficit alcanza su valor máximo.
	Espaciamiento Temporal	Tiempo transcurrido entre diversos períodos secos de una medida de la regularidad o aleatoriedad del fenómeno.
	Extensión	Superficie total en la que se registra déficit hídrico.
	Dispersión espacial	Medida del grado de difusión o concentración de la anomalía de caudal o de precipitaciones.

Fuente: Adaptada de (CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).



Paso 4

Construir los mapas de amenazas



Mapas de amenazas identificadas etapa de factibilidad

Para la construcción de los mapas de amenazas, se requiere implementar un método que permita integrar la susceptibilidad obtenida con los factores detonantes identificados, de tal manera que se exprese la amenaza en categorías, alta, media o baja, para lo cual y de acuerdo con el criterio del equipo formulador, se podrán implementar métodos heurísticos, estadísticos, determinísticos y probabilísticos, siendo estos dos últimos los que podrían responder con mayor precisión a la escala definida para la etapa de factibilidad, teniendo en cuenta que su abordaje estará en función de la información existente y lo realizado en el numeral 2.1 de este documento.

Actualmente se está presentando un desarrollo importante en el país y en diferentes países de la región, así como en entidades internacionales, de metodologías y documentos orientadores para el análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo de desastres, en el Anexo 1 (Tabla 20), se presentan algunos.

Además de lo señalado, tenga en cuenta que es necesario que esta modelación incluya análisis de variabilidad climática y escenarios de cambio climático, esto último teniendo en cuenta que la infraestructura para la prestación de servicios domiciliarios de agua potable y saneamiento se deben proyectar a un horizonte mínimo de 20 años.

2.3 Análisis de exposición y vulnerabilidad – prefactibilidad

Una vez se han categorizado y priorizado las amenazas con influencia en el área del proyecto, se debe realizar el análisis de vulnerabilidad para cada alternativa, entendiendo vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Capítulo III artículo 7 del Decreto No.297-2013 Ley de Cambio Climático.

Como se mencionó en la introducción de este capítulo, el análisis de vulnerabilidad se enmarca en el análisis de riesgo de un proyecto, y su abordaje debe considerar tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos de la futura operación del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos.

Dependiendo de la dimensión de análisis, los elementos expuestos a un evento amenazante pueden pertenecer al proyecto o al entorno. Cada elemento (infraestructura, personas, medio ambiente, etc.) puede tener condiciones diferentes frente a cada amenaza, por lo que se debe realizar el análisis de vulnerabilidad teniendo en cuenta su susceptibilidad a sufrir daños frente a la ocurrencia de cada amenaza priorizada.

Un ejemplo de lo anterior es que un embalse que se construye con normas técnicas de diseño por sismo es menos vulnerable frente a un sismo, pero puede tener una alta afectación frente a eventos de sequía.

Se debe considerar que, si la amenaza estudiada es del entorno al proyecto o interna del proyecto, los elementos expuestos corresponden al proyecto y si la amenaza estudiada es del proyecto al entorno, los elementos expuestos corresponden al entorno, entendiendo el entorno como las personas, comunidades, infraestructura (centros educativos, centros de salud, vías, edificaciones públicas, viviendas, entre otras), actividades productivas (agricultura, ganadería, comercio, turismo, industria, entre otras) y el medio ambiente.

El proceso metodológico que se propone para el análisis de vulnerabilidad en esta etapa contempla, evaluar primero la vulnerabilidad de los elementos físicos (componentes de los sistemas de agua potable y saneamiento) y luego de los demás elementos, partiendo de que los daños de los elementos físicos pueden ocasionar afectaciones sobre personas, comunidades, infraestructura, actividades productivas y medio ambiente.

Por último, se categorizará la vulnerabilidad de los elementos expuestos en tres rangos: alta, media o baja, donde alta será considerada como la de mayor susceptibilidad a sufrir daños y baja la de menor susceptibilidad.

2.3.1 Análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos)

Para establecer el nivel de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento a construir, de acuerdo con su exposición a eventos amenazantes que puedan ocasionar daños en la infraestructura, se plantea que el formulador realice en primer lugar el análisis de exposición de cada componente del proyecto frente a cada amenaza priorizada (superponiendo en un mapa los componentes de los sistemas sobre cada una de las amenazas identificadas en la zona de influencia del proyecto), luego, efectúe el análisis de predisposición de cada uno de los componentes frente a cada una de las amenazas para establecer su nivel de vulnerabilidad, si el proyecto involucra elementos existentes del sistema, se deben analizar los factores físicos de cada componente para establecer su nivel de vulnerabilidad (DNP, 2021) (se debe establecer para cada componente si su vulnerabilidad es alta, media o baja), como se muestra en la siguiente figura.

El Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido desarrollado por la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), en su Anexo 7 plantea matrices para evaluar las vulnerabilidades para edificaciones.

El manual contiene matrices para evaluar la vulnerabilidad física ante inundaciones, deslizamientos y fallas de talud. Para la evaluación de la vulnerabilidad estructural se recomienda el uso del manual de evaluación de vulnerabilidad sísmica de COPECO. También se puede aplicar la normativa municipal si existe, formatos desarrollados por COPECO o normativa del código de construcción.

Figura 9. Procedimiento para el análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos)



Fuente: Adaptada de (DNP, 2021).



Paso 1

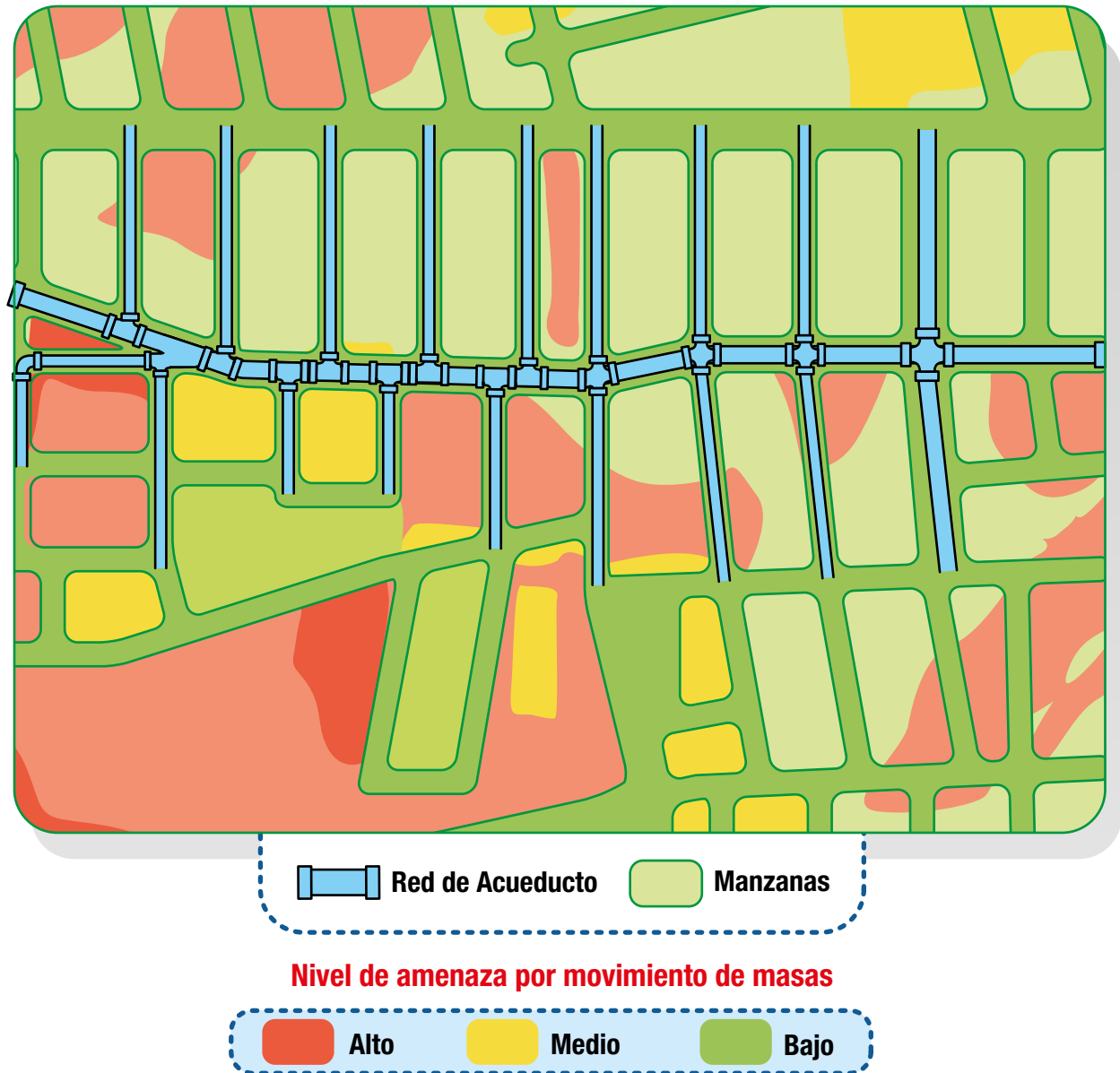
Análisis de exposición por componente

Como resultado del análisis de amenaza realizado en el numeral 2.1.2. se obtuvo un mapa del área del proyecto con la localización de cada una de las amenazas priorizadas y categorizadas en alta, media o baja. Superponiendo cada uno de los mapas de amenaza con los componentes de los sistemas, se obtendrá que tan expuestos se encuentran cada uno de los componentes frente a cada una de las amenazas como se muestra en la siguiente figura. Para construir el listado de los componentes expuestos se puede utilizar la matriz para el análisis de exposición del sistema de agua potable o saneamiento ante las amenazas que se muestra en la Tabla 13 (la matriz se puede replicar para un sistema de saneamiento).



Mapas de superposición de infraestructura sobre amenazas y matriz con análisis de exposición de cada uno de los componentes del sistema por tipo de amenaza

Figura 10. Mapa de superposición de infraestructura sobre amenazas



Fuente: (DNP, 2021).

Tabla 13. Matriz para el análisis de exposición del sistema de agua potable ante las amenazas identificadas

Amenazas/ Componentes	G1			G2		
	Aducción	Conducción	Redes de distribución	Captación	PTAP	Tanques de Almacenamiento
Inundaciones						
Remoción en masa	X	X	X	X		X
Avenidas torrenciales				X		
Sequías			X			
Sismos			X			X
Erupciones volcánicas		X			X	
Incendios					X	
Colapso estructural	X	X		X		X
Vendaval						
Antrópicos intencionales				X		
Avalancha	X		X	X		
Creciente				X		
Contaminación				X		

Fuente: (DNP, 2021).

**Paso 2****Análisis de predisposición de cada uno de los componentes frente a las amenazas priorizadas**

Una vez se haya realizado el análisis de exposición de los componentes de los sistemas es necesario analizar si los elementos expuestos son susceptibles a ser afectados por las amenazas identificadas, luego, se analizarán los factores físicos que pueden incrementar la vulnerabilidad de cada componente (proyectos que involucran componentes existentes), para finalmente, establecer la categorización de la vulnerabilidad de cada componente de acuerdo con la susceptibilidad de sufrir daños.

Con el propósito de optimizar el proceso de análisis de vulnerabilidad, y si se tiene información disponible, se debe establecer si los componentes expuestos a cada una de las amenazas priorizadas presentan predisposición a ser afectados por dichas amenazas a las cuales están expuestos.

El procedimiento consiste en establecer si el componente está expuesto a una amenaza que estadísticamente está dentro de las que han provocado mayor número de reportes de afectaciones de acuerdo con los registros históricos.

Para establecer el rango de reportes de afectaciones de cada componente por amenaza, se debe determinar el total de afectaciones que históricamente se han reportado (en el municipio donde se desarrollará el proyecto) por cada componente y calcular el porcentaje que representa el número de afectaciones ocasionadas por cada una de las amenazas.

Posterior a esto, se debe establecer el nivel de predisposición o vulnerabilidad de cada componente (alta, media o baja), sin embargo, el criterio del ingeniero especialista es fundamental para categorizar el grado de vulnerabilidad del componente expuesto (este análisis se debe realizar para cada uno de los componentes expuestos a cada una de las amenazas priorizadas y para cada una de las alternativas planteadas).

Los elementos que no cuenten con información estadística de daños deben ser considerados para la evaluación de riesgo.

Como resultado de este paso se debe presentar un listado de los componentes expuestos que tienen predisposición (alta, media o baja) a ser afectados por las amenazas (el listado puede ser una tabla que contenga como mínimo las siguientes columnas: Sistema/Componente/Evento Amenazante/Predisposición), (DNP, 2021).



Paso 3

Análisis de factores físicos de vulnerabilidad (proyectos con componentes existentes)



Categorización de la vulnerabilidad de los componentes del sistema por cada amenaza

Si el proyecto que se está formulando y estructurando involucra elementos existentes, se debe realizar una visita de campo (técnica) para establecer la exposición y vulnerabilidad de esos componentes frente a las amenazas identificadas.

Para lo anterior, se recomienda al especialista contemplar como mínimo las siguientes variables:

- ▶ **Componentes G1.** Para las tuberías se deben analizar el tipo de material, diámetro, estado, unión, edad, si cuenta con juntas flexibles y considerar si está enterrada, a media ladera, al aire libre o adosada a puentes, entre otros. Para los elementos de soporte se deben considerar su estado, año de instalación, caudal o potencia, entre otros.
- ▶ **Componentes G2.** Tipo de material, estado, año de construcción, estructura (teniendo en cuenta la norma sismorresistente de diseño), entre otros (DNP, 2021).

Como referencia para realizar este análisis los especialistas podrán consultar, los documentos relacionados en la Tabla 20.

Finalmente, el ingeniero especialista en el análisis deberá realizar la categorización de vulnerabilidad para cada uno de los componentes analizados, en tres rangos: alta, media o baja, siendo alta la de mayor susceptibilidad a sufrir daños y baja la de menor susceptibilidad. Lo anterior, teniendo en cuenta la estimación de daño (fragilidad) de cada componente expuesto frente a la amenaza analizada.

De los pasos 2 y 3 se obtendrá como resultado los componentes expuestos a cada una de las amenazas priorizadas y para cada una de las alternativas seleccionadas, categorizando la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que posteriormente serán incorporados en la evaluación del riesgo (DNP, 2021).

2.4 Análisis de vulnerabilidad del entorno – prefactibilidad

El análisis de la vulnerabilidad del entorno, en proyectos de agua potable y saneamiento, deben considerar el grado de fragilidad y posibles afectaciones que pueden sufrir las personas, los elementos físicos y las actividades que se desarrollan en torno al área de influencia de la infraestructura de acueducto, alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales, por los elementos del proyecto. Es decir, si algunos elementos del sistema se ven afectados por la materialización de un evento amenazante, estos a su vez, pueden afectar el entorno del proyecto.

Para el desarrollo de este análisis, es recomendable que los formuladores de proyectos consideren la vulnerabilidad social y de los elementos externos al proyecto, lo cual permitirá la implementación de medidas al interior del proyecto que permitan reducir el grado de vulnerabilidad de los elementos externos, y adicionalmente, al conocer las diferentes actividades socio-culturales y económicas que desarrollan las personas y la comunidad en general ubicada en el área de influencia del proyecto, se podrán establecer de una mejor manera, protocolos de atención y manejo del desastre y el rápido restablecimiento de las condiciones.

2.4.1 Análisis de vulnerabilidad social

El análisis de la vulnerabilidad social consiste en evaluar el comportamiento socio-cultural y económico de las personas, respecto a *“la capacidad de prever, enfrentar y recuperarse de eventos críticos que implican la pérdida de activos materiales o inmateriales”* (UNGRD, 2017), por causa de algún desastre.

Los elementos básicos que deben ser considerados para el análisis de la vulnerabilidad social de los proyectos, como mínimo, deben considerar temas en población, salud, educación, vivienda y empleo/ingreso (análisis para garantizar el pago de una tarifa sostenible que permita la operación de los sistemas de APS hacia la gestión segura).

Población: El estructurador del proyecto determine la densidad poblacional respecto al área en donde se ubica la comunidad. Así mismo, se debe considerar si en el área de influencia del proyecto existen comunidades especiales como indígenas, afrodescendientes u otros, que, de cierta manera, pueden tener un mayor grado de vulnerabilidad frente a determinados desastres.

Salud: Se sugiere medir el número de médicos presentes en la zona de influencia del proyecto por número de habitantes, la tasa de mortalidad infantil y la población sin acceso a salud, con estas variables se pretende establecer la capacidad médica de la zona y el acceso que tienen a los servicios médicos.

Educación: Medir el nivel de escolaridad de la población.

Vivienda: Valorar el déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda permite establecer el nivel de pobreza de la población en el área de influencia del proyecto.

Empleo/ingreso: Los indicadores de empleo e ingreso permiten medir la población económicamente activa, el nivel de ingresos, la formalidad del empleo, entre otros.



Es importante aclarar que la vulnerabilidad social no se suma con la vulnerabilidad de los elementos expuestos del proyecto, solamente se realiza para entender la fragilidad de la comunidad en el área de influencia del proyecto, ya que las variables de población, salud, educación, vivienda y empleo/ingreso le proporcionarán al estructurador de proyectos un mayor entendimiento de la comunidad y su entorno, que ante la materialización de un desastre, la densidad poblacional estará relacionada directamente con el número de personas que pueden verse afectadas, la escolaridad permite inferir que una comunidad más educada y con acceso a información tiene mayor capacidad de afrontar una situación de crisis y si se tienen mejores niveles de ingreso se tendrán mayor capacidad para sobrellevar, superar y restablecer las condiciones causadas por el siniestro.

El gobierno de Honduras, con la cooperación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, definieron la **metodología para la estimación del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad** para focalizar los recursos de inversión para atender la emergencia sanitaria por el COVID-19, esta misma metodología podría ser utilizada por los formuladores de proyectos de agua potable y saneamiento para medir la vulnerabilidad social y las posibles afectaciones del proyecto al entorno. En la siguiente tabla se presentan las diferentes dimensiones e indicadores del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad implementados por Honduras:



Estimación del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad Social

Tabla 14. Dimensiones, indicadores y pesos del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad

Dimensión	Indicador	Corte de Vulnerabilidad	Peso
Población de alto riesgo	Hogares con personas 60 años o más	Un hogar es vulnerable si cuenta con al menos un miembro de 60 años o más.	1/12
	Hogares con personas con enfermedades crónicas	Un hogar es vulnerable si al menos un miembro reportó haber sido diagnosticado con alguna enfermedad crónica.	1/12
	Hogares con desempleo por salud	Un hogar es vulnerable si al menos un miembro no pudo trabajar por cuestiones de salud.	1/12

Dimensión	Indicador	Corte de Vulnerabilidad	Peso
Salud, Alimentación, vivienda y servicios	Hogares sin acceso a alimentación	Un hogar es vulnerable si refiere haberse preocupado o quedado sin alimentos en los últimos 3 meses.	1/16
	Hogares sin acceso a agua	Un hogar es vulnerable si no cuenta con acceso a una fuente de agua limpia (siguiendo la definición del índice de Pobreza Multidimensional de Honduras).	1/16
	Hogares sin acceso a saneamiento	Un hogar es vulnerable si no cuenta con acceso a un sistema de saneamiento adecuado (siguiendo la definición del Índice de Pobreza Multidimensional de Honduras).	1/16
	Hogares en hacinamiento	Un hogar es vulnerable si una habitación para dormir es utilizada por 3 personas o más.	1/16
Resiliencia económica	Hogares con pagos de la vivienda	Un hogar es vulnerable si vive en una vivienda rentada o la vivienda es propia, pero la continúa pagando.	1/16
	Hogares con falta de bienes y activos	Un hogar es vulnerable si el hogar no cuenta con dos o más bienes durables o un automóvil.	1/16
	Hogares con falta de servicios financieros	Un hogar es vulnerable si no cuenta con ningún servicio financiero.	1/16
	Hogares con falta de comunicación	Un hogar es vulnerable si no cuenta con un teléfono.	1/16
Medios de vida y seguridad en el empleo	Hogares con miembros en empleos vulnerables	Un hogar es vulnerable si al menos uno de sus miembros laboralmente activos (10 años o más) son trabajadores cuenta propia, del servicio doméstico, desempleados, trabajadores familiares no remunerados o están buscando trabajo.	1/16
	Hogares con miembros en empleos permanente	Un hogar es vulnerable si al menos uno de sus miembros económicamente activos (10 años o más) tiene un empleo temporal.	1/16
	Hogares con miembros en empleos de sectores vulnerables	Un hogar es vulnerable si al menos uno de su miembro del hogar que son económicamente activos (10 años o más) y trabaja se encuentra en los sectores de turismo, comercio, prestación de servicios, servicio doméstico o manufactura.	1/16
	Hogares con miembros en empleos sin seguridad social	Un hogar es vulnerable si al menos uno de los miembros económicamente activos (10 años o más) y ocupados no cotizan a seguridad social.	1/16

Fuente: (PNUD, Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

2.4.2 Análisis de vulnerabilidad de elementos externos al proyecto

Otro elemento de análisis a considerar por parte de los formuladores y estructuradores de proyectos de agua potable y saneamiento es la vulnerabilidad de los elementos externos al proyecto, que puedan ser dañados o afectados en su operación y/o funcionalidad cotidiana.

La afectación de los elementos externos debe considerar los riesgos en las etapas de construcción y operación de los proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, ya que una falla durante la construcción de la infraestructura puede afectar otros elementos del entorno y, por otra parte, durante la operación de la infraestructura se pueden presentar desastres que afecten los elementos del proyecto y estos a su vez afecten otros elementos del entorno.

Los elementos externos pueden clasificarse mínimo en dos tipos: **i) De servicios:** los cuales corresponden a los elementos externos del proyectos que presta un servicio a la comunidad, aquí se encuentra la infraestructura relacionada con centros de salud, escuelas, infraestructura vial, instituciones públicas y privadas, equipamientos culturales y deportivos, centros comerciales, entre otros, y **ii) De producción:** que corresponden a todos los elementos externos que transforman la materia prima en elementos para el consumo y que corresponde a toda la infraestructura existente de las industrias, la agricultura y en general el sector empresarial.

Los formuladores de proyectos deben establecer para cada evento amenazante las posibles afectaciones, la magnitud de estas en términos de falla total o parcial de la funcionalidad de los elementos externos y como pueden verse alteradas las actividades, funciones y relaciones sociales, económicas y culturales que se desarrollan en el entorno del proyecto. Para lograr esto, se deberán crear planos por tipo de amenaza ubicando espacialmente todos los elementos externos al proyecto de tipo de servicios y de producción para poder identificar los elementos que pueden verse afectados en el área de influencia del proyecto, así mismo, se deberá crear una matriz de posibles afectaciones para cada nivel de amenaza, con el fin de comparar las posibles fallas y daños causados a los elementos externos. Los resultados de esta valoración serán analizados en la evaluación de costo beneficio para establecer las mejores alternativas de implementación de medidas de mitigación del riesgo, tal como se presenta en el numeral 4.5 de este documento.



Plano y matriz de elementos externos al proyecto

2.5 Análisis de vulnerabilidad en la futura operación del proyecto – prefactibilidad

No basta simplemente con realizar un análisis de la vulnerabilidad de los elementos internos y externos al proyecto en cada una de las amenazas priorizadas con mayor relevancia, sino que también es necesario realizar un análisis y evaluación del componente institucional encargado de operar y mantener la infraestructura construida en acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, con el fin de establecer la capacidad que éste tiene para operar y mantener la infraestructura construida y su óptima operación. Un prestador con la suficiente capacidad técnica, administrativa, financiera y de gestión es menos vulnerable a presentar fallas en la operación del sistema, puede gestionar de mejor forma una crisis causada por un desastre y logra restablecer mucho más rápido el servicio afectado.

Los prestadores de los servicios juegan un papel importante en la gestión de riesgos de desastres en el sector de agua potable y saneamiento, así lo ha evidenciado el gobierno de Honduras en el artículo 4 de la Ley No.151-2009, en donde se establece los principios orientadores del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos SINAGER, mencionando que *“la Gestión de Riesgos es una política de Estado de carácter permanente. Todas las entidades miembros del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER), del Sector Gubernamental y No Gubernamental deben incorporar en sus planes, programas y estrategias institucionales y territoriales, acciones concretas de Gestión de Riesgos. Los planes de reconstrucción deben contemplar obligatoriamente las medidas de reducción de riesgo, tomando en cuenta las nuevas experiencias, con la idea central de evitar en el futuro nuevos daños por similares causas”*.

Es así como la mencionada norma establece la obligatoriedad de formular *“planes de rehabilitación y reconstrucción deben contemplar obligatoriamente la reducción de los riesgos persistentes”*, por lo que un prestador que involucre la gestión del riesgo en la planeación, operación y mantenimiento de su sistema será menos vulnerable ante un evento de desastre y podrá articular actores y acciones para la atención de la emergencia y la recuperación de la infraestructura afectada.

En este contexto, para realizar el análisis de la vulnerabilidad en la fase de operación del proyecto es primordial evaluar el prestador para ver si hay necesidad de sugerir acciones de fortalecimiento, buscando mejorar sus competencias y capacidades para la operación y mantenimiento del sistema. Un ejemplo de evaluación de la capacidad del prestador

es el realizado por el gobierno de Colombia que ha implementado la evaluación de todos los prestadores de los servicios de agua potable y saneamiento a través de la estimación del “*Indicador Único Sectorial – IUS*”, reglamentado mediante resolución CRA No. 906 de 2019, que mide el desempeño del prestador evaluando ocho dimensiones 1) calidad del servicio, 2) eficiencia en la planeación y ejecución de las inversiones, 3) eficiencia en la operación, 4) eficiencia en la gestión empresarial, 5) sostenibilidad financiera, 6) gobierno y transparencia, 7) sostenibilidad ambiental y 8) gestión tarifaria, lo anterior, permite medir la capacidad del prestador desde lo técnico, administrativo, financiero, planeación, gestión y cumplimiento normativo.

Para el caso de Honduras, se sugiere que el formulador del proyecto realice el diagnóstico del prestador involucrando criterios técnicos, administrativos, financieros, planeación, gestión y cumplimiento de normas y establezca medidas de fortalecimiento si así lo considera necesario (es muy importante que en la etapa de prefactibilidad se estructure y socialice con la comunidad el pago de una tarifa sostenible que permita la correcta operación y mantenimiento de los sistemas).



Diagnóstico y medidas de fortalecimiento del prestador

2.6 Análisis de exposición y vulnerabilidad – factibilidad

En la fase de Factibilidad, tanto el análisis de amenaza y de vulnerabilidad, se deben realizar sobre la alternativa seleccionada en la etapa de prefactibilidad. Como ya se ha mencionado, la vulnerabilidad se refiere a las condiciones de los elementos expuestos a una amenaza, que los hace susceptibles a sufrir un daño. Dado que la vulnerabilidad de los elementos expuestos es diferente frente a cada amenaza que se analice, es necesario realizar análisis de vulnerabilidad para cada amenaza priorizada.

Otro aspecto relevante en la etapa de factibilidad es la escala de trabajo recomendada para los estudios de detalle. Queda a criterio del formulador y/o estructurador si los estudios requieren una escala de mayor detalle, dadas las condiciones propias de cada proyecto.

Teniendo en cuenta que el análisis de vulnerabilidad se aborda en tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos en la futura operación del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos, para la etapa de factibilidad se realizan las siguientes consideraciones:

- ▶ En cuanto a la **dimensión del entorno al proyecto**, el análisis de vulnerabilidad se basa en la exposición, predisposición y fragilidad (componentes existentes) de los elementos físicos del proyecto frente a cada una de las amenazas priorizadas (consultar numeral 2.3.1 Análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos).), siendo relevante el nivel de amenaza del evento estudiado (alta, media o baja), lo anterior, de acuerdo con los estudios al nivel de detalle que se requieran.
- ▶ En lo referente a la **dimensión del proyecto al entorno**, el análisis de vulnerabilidad en esta fase se centra en la exposición (localización a la escala de detalle del proyecto) de centros educativos, centros de salud, vías, edificaciones públicas, viviendas, áreas de cultivos o destinadas a ganadería, entre otras, que puedan ser afectados por daños de los componentes del proyecto (numeral 2.4.2). En cuanto a la vulnerabilidad de las personas y comunidades, se entiende que se mantendrán los análisis realizados en la fase de prefactibilidad (numerales 2.4.1), el criterio del formulador será primordial para establecer si se deben profundizar algunos estudios al respecto.
- ▶ En cuanto a la **dimensión de los riesgos en la futura operación que afecten en forma significativa los elementos expuestos**, se entiende que el análisis realizado de la vulnerabilidad del prestador de los servicios, en la fase de prefactibilidad (numeral 2.5 diagnóstico y medidas de fortalecimiento del prestador), entrega un análisis integral del nivel de riesgo del prestador que permitirá tomar las medidas correctivas para que se realice una eficiente operación y mantenimiento del sistema orientadas a reducir la ocurrencia de daños que puedan afectar el entorno.

Dependiendo de la información disponible y el enfoque, se presentan varias metodologías de análisis de vulnerabilidad para estudios a escala detallada que pueden ser utilizadas en la formulación de los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico, como se muestra en Anexo 1 Tabla 20.

2.7 Análisis prospectivos de vulnerabilidad

El análisis de las condiciones de vulnerabilidad en el momento presente, así como los escenarios considerados de amenaza, sirven de base para establecer escenarios futuros de vulnerabilidad. Al igual que en el caso del análisis de amenaza, dependiendo del horizonte de vida del proyecto, se requieren proyectar, desde ahora, las condiciones del proyecto en el futuro, teniendo en cuenta el cambio climático no sólo en su influencia sobre la amenaza, sino en aspectos como:

- ▶ Migraciones y dinámica demográfica.
- ▶ Modificación de las condiciones socioeconómicas de la población por influencia del cambio climático.
- ▶ Generación de nuevas condiciones relacionadas con el cambio climático que modifiquen las variables de vulnerabilidad, en especial las relaciones con el territorio y los servicios ecosistémicos (GIZ GMBH, DNP, MADS, MHCP y UNGRD, 2019).

Como se estableció en el numeral 2.1.1 de este documento, la incorporación de la variabilidad climática y cambio climático en la variación de la recurrencia y magnitud de los diferentes eventos amenazantes sobre un territorio, serán el punto de partida para realizar el análisis de vulnerabilidad de los componentes localizados en ese mismo territorio, durante el horizonte del proyecto (construcción y operación). Por lo tanto, es importante que los formuladores de proyectos interioricen estos conceptos dentro del análisis de riesgo de cada una de las alternativas que tienen como objetivo solucionar el problema planteado de llevar agua potable a una población o resolver el problema de la recolección, tratamiento de las aguas residuales y saneamiento básico para el medio rural.

A photograph showing a group of people working in a rural, hilly area. In the foreground, a man wearing a straw hat and a green t-shirt is holding a large, light-colored pipe. In the background, other people are working on the ground, which appears to be a trench or a cleared area. The terrain is dry and rocky, with some sparse vegetation. The sky is blue with some clouds.

*Trabajo comunitario
de reemplazo de
tubería por una
de material mas
resistente.*

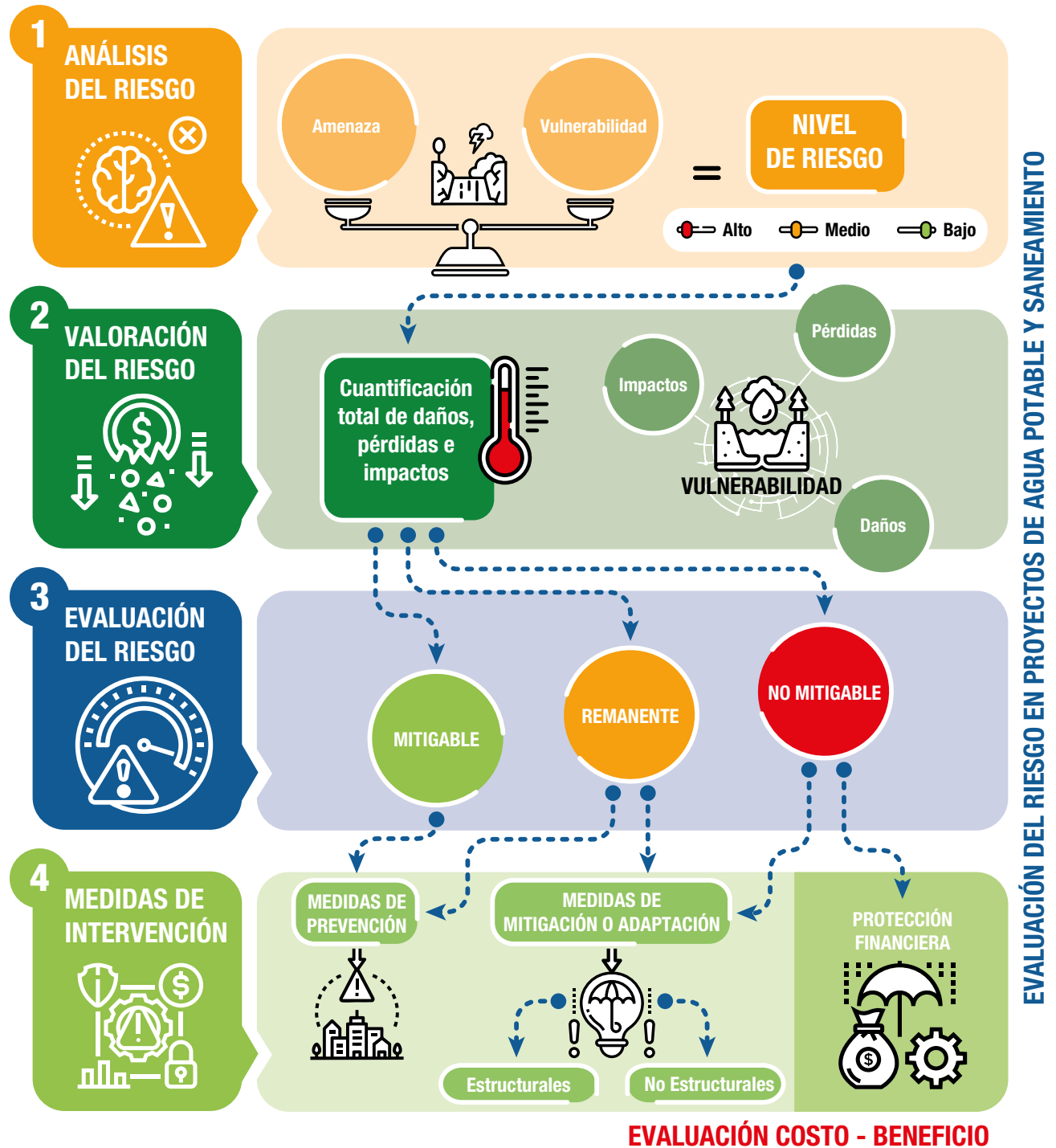
3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA PROYECTOS EN LAS ETAPAS DE PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD

Según el reglamento de la Ley del SINAGER el análisis de riesgo es el resultado de identificar, caracterizar, evaluar y valorar la relación entre una amenaza en particular y la vulnerabilidad a esa amenaza de uno o varios elementos expuestos, con el fin de determinar escenarios potenciales a riesgo de desastres, y con ello los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a un fenómeno peligroso. El análisis del riesgo se realiza para cada amenaza, existiendo la posibilidad de hacer análisis de riesgo para escenarios de multi-amenazas (COPECO, 2011).

Una vez desarrollado el capítulo anterior donde se realizó el análisis de amenazas y de vulnerabilidad de los componentes expuestos ante un evento amenazante, se presenta la metodología para incorporar el análisis de riesgo en la fase de preinversión de los proyectos de agua potable y saneamiento, como se puede ver en la siguiente figura.

De esta manera, lo primero que se plantea es realizar el análisis de riesgo, entendido como la cuantificación de los daños, pérdidas e impactos negativos que se presenten en el momento en que se materialice un desastre (este es un insumo fundamental para realizar la evaluación costo beneficio). Luego, se propone realizar la valoración de riesgo que es el resultado de cruzar cada una de las amenazas con la vulnerabilidad de los componentes de los sistemas (el riesgo se valora en alto, medio o bajo). Posteriormente, se evalúa cada riesgo definiendo si es mitigable, no mitigable o remanente, para poder plantear las medidas de intervención que se pueden tomar para reducir o mitigar los riesgos identificados. Finalmente, para establecer la mejor alternativa de solución se realiza la evaluación costo beneficio, donde se identifican los beneficios, cobeneficios y costos de cada alternativa (se plantea que los beneficios se cuantifiquen como la disminución de los daños, pérdidas e impactos negativos del proyecto).

Figura 11. Procedimiento general para analizar y evaluar el riesgo



Fuente: (DNP, 2021).

3.1 Análisis del riesgo

Para realizar un adecuado análisis del riesgo en la estructuración y/o formulación de proyectos de infraestructura de agua potable y saneamiento, se debe involucrar profesionales técnicos con experiencia en la operación, mantenimiento y/o rehabilitación de los componentes de los sistemas, ya que es necesario comprender el funcionamiento operativo, entre otros, relacionado con; evaluación de escenarios, simulación de fallas asociadas a diferentes afectaciones del sistema, operaciones requeridas para el restablecimiento de los servicios y afectaciones a usuarios y actividades del entorno por fallas y reparaciones de la infraestructura.

Para analizar el riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento en las etapas de prefactibilidad y factibilidad se propone evaluar la vulnerabilidad física en forma cuantitativa para facilitar el análisis y la toma de decisiones. Es así como la vulnerabilidad de los sistemas estará medida en función de los costos asociados a los daños, las pérdidas y los impactos causados por la materialización de una amenaza. Este análisis debe hacerse por evento amenazante y para cada uno de los elementos existentes y proyectados (nuevos diseños). Con esta información se podrá conocer el tiempo que tomará reparar los posibles daños sufridos a causa de un desastre, cuál será la capacidad remanente del sistema con posterioridad al desastre y como se verá afectado el servicio en lo que se refiere a la calidad, continuidad y cantidad de agua suministrada. Con la información anterior se podrá establecer el nivel de servicio que está en condiciones de prestar la empresa mientras dure la emergencia (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 1998).

Dado lo anterior, es importante tener en cuenta, que el histórico de daños, impactos y afectaciones de los sistemas por diferentes desastres representa un instrumento relevante para el análisis de riesgo.

3.1.1 Análisis de Daños

Los daños están relacionados directamente con la funcionalidad de los componentes del sistema que pueden verse afectados ante la ocurrencia de un desastre, dichos daños pueden alterar la estructura o funcionalidad del componente en forma total o parcialmente, perturbando la continuidad y/o calidad del servicio. La valoración de los daños debe partir del conocimiento integral del sistema de agua potable y/o saneamiento en sus diferentes componentes técnicos (ver Tabla 4), ya que de esto dependerá la calidad de los escenarios que determinarán las posibles afectaciones ante la eventualidad de un fallo de alguno de los componentes del sistema.

El formulador del proyecto deberá simular diferentes afectaciones de los elementos expuestos y analizar las consecuencias esperadas en el sistema, por cada una de las amenazas que puede afectar los componentes de agua potable y/o saneamiento. Para la estimación de daños por diferentes eventos amenazantes, los formuladores de proyectos podrán soportar el análisis de vulnerabilidad de los elementos físicos del proyecto tomando como referencia los documentos relacionados en la Tabla 20. Así mismo, y como referencia complementaria, en la Tabla 2 se presentaron algunas afectaciones que pueden sufrir los componentes de los sistemas ante diferentes amenazas.

Una vez se han identificado las posibles afectaciones de los elementos expuestos por tipo de amenaza se debe cuantificar los costos de las reparaciones para el restablecimiento del servicio, para lo cual, se debe contemplar todos los costos en que se deba incurrir para rehabilitar el servicio, entre otros; costos de mano de obra, costos de materiales, costos de instalación y costos de socialización y señalización, lo anterior para cuantificar los daños que se puedan presentar ante la materialización de un desastre (DNP, 2021).

3.1.2 Análisis de Pérdidas

Las pérdidas en el análisis del riesgo están relacionadas principalmente con dos factores; i) los recursos que el operador del sistema deja de recaudar a los usuarios cuando por efecto del desastre se debe suspender el servicio de agua potable y/o saneamiento y ii) los recursos que, de ser necesario, el operador debe destinar para garantizar la distribución de agua por medios alternativos de suministro y/o la recolección de aguas servidas. Es así como el formulador de proyectos de agua potable y/o saneamiento debe incluir estos costos en el análisis de escenarios para la determinación del riesgo al que están expuestos los diferentes elementos del sistema.

El impacto sobre la facturación está estrechamente ligado a si se afecta total o parcialmente la continuidad del servicio y el tiempo requerido para la rehabilitación del sistema, para lo cual, se debe identificar el o los sectores que pueden verse afectados con el fallo del elemento expuesto y el número de usuarios sin servicio, ya que este tipo de fallos reducen los consumos de los usuarios durante el tiempo que dura la suspensión del servicio. Se debe considerar en el análisis si la infraestructura existente o proyectada cuenta con sistemas de respaldo o alternancia que permitan operar si un determinado elemento sufre daño parcial o total, con lo que se podrá establecer la capacidad operativa con la que quedará el prestador para garantizar la continuidad del servicio por el tiempo que dure la afectación.

Si la magnitud de los daños en el sistema demanda la implementación de medidas alternativas para el suministro de agua mientras se normaliza el servicio, el operador debe cubrir los costos de la maquinaria, equipos y herramientas necesarias para llevar el agua

potable hasta los usuarios afectados (tanques cisterna, plantas de tratamiento portátiles, equipos de bombeo, tanques de almacenamiento, entre otros).

La estimación de estos costos permite cuantificar las pérdidas probables que puedan llegar a presentarse ante diferentes amenazas de los elementos expuestos del sistema (DNP, 2021).

3.1.3 Análisis de Impactos

Tal como se mencionó en el numeral 2.4.2. de este documento, además del análisis de vulnerabilidad del entorno al proyecto e internos del proyecto, se deben analizar las afectaciones del proyecto al entorno, relacionadas con los daños y alteraciones de los elementos físicos externos y las actividades que allí se desarrollan (impactos).

Podría darse la situación que al sufrir daño la infraestructura del sistema de agua potable y/o saneamiento ocasione daños o alteraciones a la infraestructura del entorno como; instituciones, vías, empresas, cultivos, parques, animales, entre mucho otros, y con esto, perturbar las actividades que se desarrollan en cada contexto, lo que representa costos no solo para la reparación de los daños, sino también los impactos económicos que representa la alteración total o parcial de las actividades laborales, inasistencia escolar, colapsos viales y parálisis de producción industrial, agrícola y animal. Estos costos deben ser cuantificados dentro del análisis del riesgo.

Para la etapa de prefactibilidad se deberá cuantificar los costos por daños, pérdidas e impactos para cada una de las alternativas de diseño definidas por el formulador del proyecto, para posteriormente comparar las diferentes alternativas por medio del análisis de costo beneficio que se describe en el numeral 3.5 de este documento. Al final del ejercicio el formulador del proyecto podrá seleccionar la alternativa de diseño que técnica y económicamente sea más eficiente y que represente menor riesgo o que las medidas de reducción o mitigación sean económicamente viables para su implementación.

En la etapa de factibilidad el diseñador deberá igualmente realizar el análisis de daños, pérdidas e impactos de la alternativa de diseño que fue seleccionada en la prefactibilidad, sin embargo, se deberá recopilar la información de campo que permita construir los escenarios de afectaciones con un mayor grado de detalle, en donde el criterio del profesional debe jugar un papel importante para identificar si se requiere adelantar estudios adicionales, como por ejemplo; estudios patológicos de la infraestructura existente, estudios de suelos, topografía, análisis de resistencia de materiales, censos de actividades del entorno, entre otros. Una vez se tienen estos costos, se deberán analizar las medidas de reducción y mitigación que puedan ser incluidas en el diseño, para disminuir los riesgos del proyecto.

La información de daños, pérdidas e impactos, indistintamente de la etapa en la que se encuentre el proyecto, debe ser tabulada como se muestra en la siguiente tabla, lo anterior con el fin de totalizar los costos para cada una de las alternativas analizadas para facilitar el análisis de costo beneficio que se describe más adelante (DNP, 2021).



Matriz de análisis del riesgo del proyecto

Tabla 15. Análisis del riesgo en proyectos de agua potable y saneamiento

Elemento expuesto	Estado de funcionamiento	Estimación de daños	Tiempo rehabilitación	Horas de suspensión del servicio	Usuarios afectados	Daños	Pérdidas			Impactos		Total costos
						Costo de reparación	Costos de medios alternativos de suministro	Costos × No facturación	Costos comunicación	Costos elementos del entorno	Costos alteración actividades	
Total costos												

Fuente: (DNP, 2021).

3.2 Valoración del riesgo

El riesgo de desastre, como lo define el reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER) se entiende como la probabilidad de daños y pérdidas futuras: una condición latente y predecible en distintos grados, marcada por la existencia de amenazas, vulnerabilidad y exposición al daño; resultado de procesos determinados de desarrollo de la sociedad. Número esperado de pérdidas humanas, personas heridas, propiedad dañada e interrupción de actividades económicas debido a fenómenos peligrosos. En este sentido, la información que el formulador debe utilizar con relación a la amenaza y la vulnerabilidad será la que resulte del análisis referido en el capítulo 3 (prefactibilidad y factibilidad) de este documento, información que como ya se mencionó debe llevar a valorar el riesgo en alto, medio o bajo.

Existen varias metodologías para valorar el riesgo, sin embargo, se recomienda hacerlo cruzando la incidencia de la amenaza con la vulnerabilidad a través de matrices como la siguiente:



Matriz de valoración del riesgo

Tabla 16. Matriz de valoración del riesgo

		VULNERABILIDAD		
		Alta	Media	Baja
AMENAZA	Alta	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Medio
	Media	Riesgo Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio
	Baja	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Bajo

Una vez se cruzan las amenazas y vulnerabilidades de cada elemento y para cada una de las alternativas (en proyectos en etapa de prefactibilidad) o para la alternativa seleccionada (en proyectos en etapa de factibilidad) se obtendrá el nivel del riesgo al que está expuesto el elemento físico, permitiéndole al formulador del proyecto concentrarse en adoptar medidas de reducción en aquellas que representen riesgo alto o medio.

Fuente: (DNP, 2021).

3.3 Evaluación del riesgo



Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto

En esta etapa del análisis del riesgo el formulador del proyecto debe identificar y valorar la magnitud de los riesgos más representativos para el sistema, con el fin de estimar los impactos que podrían afectar la funcionalidad de los elementos físicos, y con esto, poner en riesgo la prestación del servicio. Una vez identificados estos riesgos, deben clasificarse según la magnitud del daño o afectación del servicio, obteniéndose de esta manera un mapa de riesgos con los componentes del sistema y para cada tipo de amenaza.

Para la evaluación del riesgo primero es necesario identificar y analizar los diferentes escenarios de riesgo (análisis de riesgos) con el fin de priorizarlos según su magnitud

(valoración del riesgo), información que le permitirá al formulador establecer hasta qué punto el sistema puede asimilar ciertos riesgos, con el fin de clasificarlos en mitigables, no mitigables y remanentes, para poder formular medidas de mitigación o reducción en cada una de ellas, considerando la recurrencia y magnitud del evento amenazante y el grado de vulnerabilidad del elemento expuesto (DNP, 2021).

El producto final de los estudios de riesgo se debe convertir en una herramienta de soporte para la toma de decisiones en la planificación del sector, como la priorización de intervenciones para la reducción del riesgo, entre otras. Motivo por el cual, es pertinente que se detallen aspectos como los riesgos mitigables y no mitigables (MVCT y UNGRD, 2014).

El **riesgo mitigable** consiste en la identificación de los factores de la amenaza y vulnerabilidad que pueden ser intervenidos para la disminución del riesgo, por medio de mecanismos técnicos y económicos asequibles para los prestadores de servicios, socialmente aceptables y ambientalmente viables, es decir, aquello que podemos realmente intervenir desde la prestación de los servicios públicos. Por el contrario, el riesgo **no mitigable**, se relaciona con las limitaciones técnicas y económicas que impiden intervenir los factores de la amenaza y vulnerabilidad, lo que implica que se debe proceder a otros instrumentos de gestión del riesgo, como son los financieros, de tal forma que se cuente con alternativas de recursos para posibles emergencias que se puedan presentar.

Un ejemplo de riesgo no mitigable es el diseño, construcción y operación de infraestructura de acueducto para sismos de magnitud superior a los ocho grados en la escala Richter (MVCT y UNGRD, 2014).

A partir de los escenarios de riesgo mitigable, es conveniente definir el **riesgo remanente**, entendido este, como aquellos daños y/o pérdidas esperadas (potenciales) que quedan después de aplicada la reducción del riesgo. Ese sería el riesgo objeto de manejar con protección financiera y un plan de respuesta del prestador del servicio.

Un ejemplo de riesgo remanente es el diseño y construcción de infraestructura de alcantarillado en zonas inundables, donde generalmente se interviene por los beneficios topográficos, que permiten recolectar las aguas residuales en las partes más bajas de los centros poblados, reduciendo costos por bombeo, a pesar de los impactos que pueden generar las inundaciones (MVCT y UNGRD, 2014).

En el Anexo 1 Tabla 20 se describen algunos documentos que pueden ser considerados por el formulador y/o estructurador para evaluar los riesgos del proyecto.

3.4 Formulación de las medidas de intervención

Se considera que la reducción de riesgos son medidas dirigidas a cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existentes. Son medidas de prevención-mitigación y preparación que se adoptan con anterioridad de manera alternativa, prescriptiva o restrictiva, con el fin de evitar que se presente un fenómeno peligroso, o para que generen daños, o para disminuir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente (Capítulo I artículo 2 del Acuerdo Ejecutivo No. 032-2010 Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SINAGER)).

Con el propósito de dar claridad a los conceptos de medidas de prevención y mitigación, se mencionan los siguientes ejemplos para el sector de agua potable y saneamiento:

Medidas de prevención:

- ▶ Identificar las zonas susceptibles a fenómenos de movimientos en masa donde no se debe construir nueva infraestructura.
- ▶ Fortalecer la gestión institucional y urbana en las regiones de sismicidad alta para que toda la infraestructura se construya con estructuras sismorresistentes.

Medidas de mitigación:

- ▶ Construir pondajes previos a la captación para que en tiempo de invierno se decanten picos de turbiedad.
- ▶ Reforzar estructuralmente plantas de tratamiento y tanques de almacenamiento construidos sin criterios de sismo resistencia en una zona de alta actividad sísmica.

Una vez evaluado el riesgo, deberán incorporarse al proyecto las medidas necesarias para la gestión del riesgo de desastres. Las medidas de intervención o tratamiento del riesgo pueden estar orientadas a reducir los efectos de la amenaza, de la vulnerabilidad, o incluso estar dirigidas a la adaptación al cambio climático, estas últimas siempre que su diseño considere eventos extremos por su frecuencia o intensidad o se usen modelos no estacionales para su análisis (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Las medidas para reducir el riesgo se pueden agrupar en medidas estructurales y no estructurales.

- ▶ **Estructurales:** Generalmente se asocian a obras de infraestructura, que tras su implementación modifican en el corto plazo la incidencia directa de los riesgos.
- ▶ **No Estructurales:** Su implementación afecta en el mediano y largo plazo la dinámica de los riesgos. Incluye leyes, regulaciones, reglamentaciones frente al uso del suelo, campañas educativas y procesos de organización y participación comunitaria, soluciones basadas en la naturaleza, entre otras.

La reducción del riesgo debe entonces convertirse en prioridad para los prestadores de servicios públicos domiciliarios, como instrumento que aporte a lograr las metas sectoriales de cobertura, calidad y continuidad, con equilibrio financiero que asegure la sostenibilidad del servicio (MVCT y UNGRD, 2014).

En este punto, es importante considerar que los riesgos impactan la cadena de valor, pues reducen los potenciales beneficios del bien o servicio que se genera con el proyecto, y modifican el presupuesto y los cronogramas del proyecto al considerar las medidas que se deben adoptar para hacerles frente. Por lo tanto, no basta con conocer muy bien la cadena de valor, sino que hay que conocer los riesgos para tomar las decisiones relacionadas con la tecnología a utilizar, los costos requeridos, los procesos involucrados y los resultados que se obtendrán (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Como se ha venido trabajando en este documento, el análisis de riesgo de un proyecto y su abordaje debe considerar tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos de la futura operación del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos. Entonces, si se toman medidas para reducir los riesgos que pueden afectar los componentes de los sistemas de agua potable y saneamiento, se pueden reducir los daños, las pérdidas y los impactos sobre el proyecto y su entorno. Para lo tanto, es muy importante que adicional a las medidas estructurales sobre la infraestructura, se tomen medidas sobre el prestador de los servicios que garanticen la operación y mantenimiento de los sistemas, la calidad de la prestación de los servicios y minimicen el riesgo de fallas en condiciones normales de servicio.

Es importante mencionar que el equipo de especialistas que formula el proyecto deberá, teniendo en cuenta las condiciones propias del proyecto, tomar las medidas de prevención y mitigación que consideren necesarias para disminuir los riesgos identificados.

A manera de ilustración en la siguiente tabla se mencionan algunas medidas estructurales y no estructurales de intervención sobre los sistemas de agua potable y saneamiento para mitigar o reducir los riesgos de desastres.



Matriz de medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos

Tabla 17. Medidas de Intervención

Amenaza	Medidas de Intervención	
	Estructurales	No Estructurales
Sísmica	• Diseños sismo resistentes. • Uso de materiales dúctiles y conexiones flexibles. • Construcción de obras de contención (muros, pantallas, drenes para abatir niveles freáticos). • Construcción de pasos elevados para evitar la zona con problemas de inestabilidad o suelos poco competentes. • Cimentaciones profundas de las tuberías (pilotes, caisson) que puedan llegar a suelos más competentes. • Uso de dispositivos especiales. • Aumentar la redundancia del sistema.	• Soluciones basadas en la naturaleza. • Leyes, regulaciones, reglamentaciones frente al uso del suelo, campañas educativas y procesos de participación ciudadana. • Transferencia del riesgo utilizando instrumentos financieros disponibles como: • Seguros, bonos, retención del riesgo y los fondos de gestión del riesgo de desastres. • Nota: estos mecanismos son complementarios, por tanto, es recomendable evaluar la forma de usarlos simultáneamente en la gestión del riesgo de cada prestador de servicio).
Volcánica	• Instalación de cubiertas en sitios identificados como críticos de las plantas de tratamiento de agua para el consumo (PTAP), plantas de tratamiento de aguas residuales y otras estructuras. • Reforzamiento de techos y cubiertas de estructuras. • Evaluar fuentes alternas. • El diseño e implementación de alertas tempranas por contaminación del agua se deberá contemplar tanto para el diseño como para la operación del sistema.	
Inundaciones y avenidas torrenciales	• Construcción de pasos elevados. • Relocalización solo del tramo expuesto. • Cambio de cotas. • Pasos subfluviales. • Aumentar la redundancia del sistema. • Uso de dispositivos especiales tales como válvulas de cierre automáticas.	
Procesos erosivos de las corrientes hídricas y ascenso del nivel del mar	• Cambio de curso de los flujos de agua que generan el cavamiento. • Canalización de corrientes. • Construcción de estructuras de disipación de energía. • Revestimiento y/o protección de los fondos de las cárcavas. • Barreras de materiales resistentes a la erosión.	

Amenaza	Medidas de Intervención	
	Estructurales	No Estructurales
Movimientos en masa	• Aumentar la redundancia del sistema. • Manejo de aguas superficiales y subterráneas (Zanjas de coronación, subdrenes, abatimiento de pendiente). • Terraceo. • Muros de contención. • Anclajes. • Pilotes.	
Sequía	• Aumentos de la capacidad de almacenamiento. • Planteamiento de alternativas de infraestructura regional. • Transvases. • Desalinización. • Reforestación de cuencas y recarga de acuíferos. • Programas de reducción de pérdidas. • Sectorización e instalación de macro y medidores. • Sistemas captación de aguas lluvias. • Sectorización, Macro y Micromedición para la gestión de la demanda.	

Fuente: Elaboración propia.

Para el sector de agua potable y saneamiento se consideran medidas de adaptación al cambio climático, entre otras, los programas de eficiencia energética para las los sistemas de acueducto (resaltando la eficiencia energética en las plantas de tratamiento de agua potable), los sistemas de alcantarillado (resaltando la eficiencia energética y el aprovechamiento de biogás en los sistemas de tratamiento de agua residuales), el uso de energía no convencional en los sistemas (paneles solares), proyectos para el reúso de aguas residuales y manejo de lodos.

Finalmente, la formulación de las medidas de intervención debe establecer la estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento de cada una de las alternativas, y se deben estimar los beneficios que se obtendrán en términos de la disminución de las pérdidas y los impactos económicos negativos para el entorno.

3.5 Evaluación costo beneficio

El Análisis Costo Beneficio (ACB) es un análisis que integra los beneficios económicos que se generarán como consecuencia del proyecto, así como la valoración de todos los costos necesarios para la ejecución y operación del proyecto (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015).

El método más ampliamente usado para seleccionar entre inversiones alternativas diseñadas para lograr ciertos resultados socialmente deseables es el análisis de costo beneficio (CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

En general, el análisis de costo beneficio es una herramienta que permite realizar la evaluación de las alternativas identificadas y, posteriormente de la seleccionada, determinando si los beneficios de ejecutarlas son superiores a los costos que representa su implementación.

La evaluación costo beneficio de este documento se aplica para las medidas de intervención o tratamiento del riesgo y contribuirá a la evaluación ex ante del proyecto, en la siguiente figura se presentan los beneficios y costos para un proyecto que incluye medidas de reducción o mitigación (se recomienda que la evaluación sea realizada por un profesional especialista en evaluación social de proyectos).

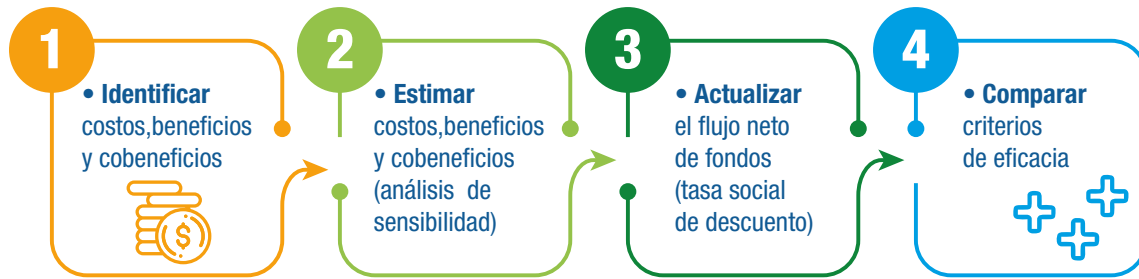
Figura 12. Beneficios y costos para un proyecto que incluye medidas de reducción



Fuente: (Comunidad Andina, 2009).

Acorde con esta metodología, en la fase de factibilidad la evaluación costo-beneficio está orientada a seleccionar las medidas de intervención o tratamiento del riesgo que tengan una mejor relación costo beneficio (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019). En la siguiente figura se presenta el proceso metodológico para realizar la evaluación costo beneficio.

Figura 13. Proceso metodológico para evaluación costo-beneficio



Fuente: Elaboración propia.

3.5.1 Identificación de costos y beneficios

Para proceder a la identificación de los costos y beneficios se deben analizar dos escenarios: un primer escenario debe estimar los costos y los beneficios sin implementar las medidas de intervención propuestas y un segundo escenario debe considerar los costos y los beneficios una vez se hayan implementado las medidas de intervención o tratamiento del riesgo.

Se deben identificar las principales variables de cada medida de intervención o tratamiento del riesgo propuesta teniendo en cuenta si son alternativas o complementarias, es decir si se quiere seleccionar una alternativa o evaluar un conjunto de medidas (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Para cada una de las alternativas se deben identificar los costos de su implementación, se recomienda estimar los costos, primero sin tener en cuenta las medidas de intervención y luego estimando los costos de las medidas de intervención, a continuación, se mencionan de manera general los siguientes:

- ▶ **Costos de inversión**, normalmente para los proyectos de agua potable y saneamiento la inversión se realiza en el año cero, sin embargo, en algunos casos, de acuerdo con el tamaño del proyecto, se puede realizar en varios años.
- ▶ **Costos de operación**, dada la complejidad de las medidas a implementar se presentan costos operativos que deben ser cuantificados para todo el horizonte del proyecto.
- ▶ **Costos de mantenimiento**, de igual manera durante el horizonte del proyecto se deben estimar y cuantificar los costos de los mantenimientos tanto preventivos como correctivos.



Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados

Para la identificación de beneficios se recomienda realizar aproximaciones económicas a partir de beneficios obtenidos por reducir el riesgo, es decir, por la reducción de los daños, pérdidas e impactos sobre el entorno.

Beneficios

=

Riesgos “sin intervención”

–

Riesgos “con intervención”

Primero, sin contemplar las medidas de reducción y mitigación, se deben identificar para cada una de las alternativas los daños (elementos físicos), pérdidas (ingresos dejados de percibir por parte del prestador) e impactos sobre el entorno (edificaciones, centros de salud, escuelas y colegios, vías, cultivos, terrenos de ganadería, actividades productivas, entre otras), y luego, se deben identificar los daños, pérdidas e impactos, después de considerar las medidas de reducción y mitigación.

Si el estudio incluye medidas de adaptación al cambio climático, también se considerarán las externalidades positivas o los cobeneficios en el análisis (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

3.5.2 Estimación de costos y beneficios

Una vez identificados los costos y los beneficios para el horizonte del ciclo de vida del proyecto, se procede a su estimación. Para la estimación de costos y beneficios, se recomienda usar, en la etapa de prefactibilidad, métodos de corrección de mercados, métodos de preferencias reveladas y el método de transferencia de beneficios.

En general, para esta fase no se recomiendan los métodos de preferencias declaradas debido a que se basan en encuestas y trabajo de campo. En este orden de ideas se recomiendan:

- ▶ Métodos de corrección de precios de mercado.
 - Disponibilidad a pagar.
 - Costos de oportunidad.
- ▶ Métodos de preferencias reveladas.
 - Costos evitados.
 - Costos de viaje o Costos de reposición y costos de enfermedad.
- ▶ Método de transferencia de beneficios.

Aunque en general, la valoración debe ser monetaria, es posible identificar y cualificar beneficios no monetarios. Para la realización de la evaluación costo beneficio se recomienda consultar la Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública de la Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP) de la Secretaría de la Secretaría de Finanzas de Honduras.

Análisis de sensibilidad: Dado que la formulación y evaluación de proyectos se basa fundamentalmente en información preliminar y sobre antecedentes disponibles para planear las alternativas de solución a la problemática analizada y proporcionar los suficientes elementos de juicio para la toma de decisiones. Es por ello necesario contar con información precisa y objetiva que permita concluir con una propuesta lo más cercana a la realidad. Por lo anterior, la teoría de proyectos planea el Análisis de Sensibilidad, como una herramienta que permite observar el efecto o modificación de la rentabilidad del proyecto como consecuencia de las variaciones o cambios en algunas variables relevantes tomadas en consideración en forma inicial.

Por lo regular estas variables están asociadas a incremento en costos y decremento en ingresos, o ambos simultáneamente.

El Análisis de Sensibilidad tiene como base la información recogida y preparada para realizar el Análisis Costo-Beneficio, utilizando los datos de Costos Totales (Costos de inversión, operación y mantenimiento) y escenarios con datos de beneficios o costos que pueden ocurrir en cualquier momento de la vida del proyecto. La opción que presente los VAN de mayor nivel de forma más regular en los escenarios analizados será la que ofrezca mayor rentabilidad como proyecto (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015).

Cuando las medidas de intervención o tratamiento tienen alto grado de incertidumbre, especialmente cuando los proyectos son innovadores o de largo plazo, es necesario hacer un análisis de sensibilidad. El método de Montecarlo es el recomendado para este análisis (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

3.5.3 Actualización del flujo neto de fondos

El análisis Costo Beneficio requiere determinar el Valor Actual Neto (VAN). El VAN de un proyecto representa el beneficio o ingreso que tendrá la Unidad Ejecutora del Proyecto si se toma la decisión de ejecutarlo. Su cálculo consiste en la actualización del flujo neto de fondos, utilizando la tasa social de descuento que representa el costo de oportunidad de capital, el cual como se ha indicado para Honduras es del 12%. El flujo neto de fondos se obtiene de deducir a los ingresos o beneficios de los egresos por concepto de la inversión y los costos de operación y mantenimiento (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015).

3.5.4 Comparación criterios de eficacia

Finalmente, con el fin de seleccionar la mejor alternativa, los costos y beneficios tienen que ser comparados bajo criterios de eficacia. Estos criterios se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 18. Criterios de eficacia

Criterio	Descripción	Interpretación
Valor Actual Neto (VAN)	Los costos actuales y los beneficios en un cierto plazo se descuentan y se toma la diferencia, que es el VAN. Una tasa de descuento fijo es usada representando los costos de oportunidad de usar los fondos públicos para una u otra medida de intervención.	• Si el VAN es positivo la medida de intervención es viable. • Entre varias medidas de intervención se selecciona que obtenga mayor VAN siempre que sea positivo.
Relación Beneficio/Costo (B/C)	Es una variante del VAN: Los beneficios son divididos por los costos. Si la razón es mayor que 1, un proyecto tiene beneficios netos.	• Si la razón es mayor que 1, la medida tiene beneficios netos y por lo tanto es viable. • Entre varias medidas de intervención se selecciona que obtenga mayor relación B/C siempre que sea positivo.
Tasa Interna de Retorno (TIR)	Este criterio calcula la razón de interés internamente que representa el retorno del proyecto dado.	Una medida de intervención viable si la TIR es mayor que el retorno promedio del capital público determinado de previamente.

Fuente: Adaptada de (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Con base en los resultados anteriores, se evalúan, económicamente, las medidas de intervención o tratamiento del riesgo.

Es importante tener en cuenta que la Metodología Blindaje de Proyectos considera una serie de pasos con el fin de estimar la razón Costo – Beneficio, se debe considerar el beneficio de la reducción neta de las pérdidas y el costo de las acciones correctivas. Se considera que el proyecto de Blindaje es factible cuando la razón costo-beneficio es mayor de 4. Es decir, cuando la reducción neta de las pérdidas es al menos cuatro veces mayor que el valor del costo de la acción correctiva. Igualmente la metodología permite el análisis del costo de las acciones correctivas respecto al costo total de la inversión (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015) (es importante como criterio, que estas acciones no cuesten más del 15% del costo total del proyecto).

Adicional a lo anterior, también se debe tener en cuenta que el Análisis Costo Eficiencia (ACE) es un método muy práctico que se aplica para la evaluación y comparación de alternativas en proyectos pequeños y medianos, donde no es necesario darle valor a los beneficios directos e indirectos generados por el proyecto. Se aplica en los llamados bienes o servicios “meritorios” que son aquellos cuya bondad de hecho es aceptada sin discusión por la sociedad (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015) (como es el caso de los proyectos de agua potable y saneamiento).

El Análisis Costo Eficiencia estima en unidades monetarias lo que cuesta, para cada alternativa, entregar cada unidad de producto o de beneficio. De esta forma, en condiciones similares de calidad, se dará prioridad a la alternativa con menor costo unitario (ejemplo: costo por metro cúbico de agua en domicilio) (Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), 2015).



Matriz de análisis con los criterios de VAN, Razón (B/C) y TIR



*Daño de pozo en
La Lima, Cortés.*

4. CRITERIOS PARA VERIFICADORES Y VIABILIZADORES DE PROYECTOS

Teniendo en cuenta que es fundamental contar con una evaluación integral de los proyectos de agua potable y saneamiento para emitir un concepto que establezca su viabilidad, o no, para poder ser construidos, en este capítulo se establecen los criterios que deben considerar los evaluadores y/o viabilizadores para garantizar la incorporación del análisis y evaluación del riesgo que permita tomar medidas que conlleven a la reducción y/o mitigación de los riesgos a los que pueden estar expuestos los sistemas de agua potable y saneamiento. Lo anterior, considerando que para la etapa de prefactibilidad cobra gran relevancia el análisis de riesgo en la selección de la mejor alternativa que permita cumplir con el objetivo central del proyecto y en la etapa de factibilidad el análisis de riesgo permitirá que las medidas de intervención se desarrollen al mismo nivel de detalle del diseño definitivo del proyecto. Es importante mencionar que para realizar una evaluación integral de los proyectos del sector se recomienda contar con un profesional encargado del proceso y un equipo de profesionales especialistas de apoyo, en caso de ser necesarios análisis en temas específicos de suelos, geotecnia, hidráulica, estructuras, presupuestos, evaluación social, gestión de riesgo y temas ambientales y de sostenibilidad, entre otros (DNP, 2021).

4.1 Requisitos de presentación y viabilización de proyectos de agua potable y saneamiento en las etapas de prefactibilidad y factibilidad

Para el proceso de verificación y viabilización del proyecto, desde el punto de vista de la incorporación de la gestión del riesgo de desastres e indistintamente de la etapa en la que se encuentre el proyecto, el evaluador y/o viabilizador debe constatar que el diseño incorpore los criterios definidos en los capítulos 2 y 3 de este documento, según el caso, para esto, se debe revisar que se hayan desarrollado adecuadamente los procesos de evaluación del riesgo descritos en el capítulo 3 (Figura 11).

A lo largo del documento, en el desarrollo de los capítulos 2 y 3, se establecieron puntos de control en las principales actividades o pasos de la metodología para que el evaluador y/o viabilizador del proyecto pueda establecer si el formulador incorporó correctamente el análisis de riesgo. A continuación, se describe brevemente cada uno de esos puntos de control de acuerdo con la metodología abordada por el formulador.

4.1.1 Análisis del riesgo

En el numeral 3.1 se establece que el análisis de riesgo parte del análisis de amenaza y vulnerabilidad de los elementos expuestos, por lo que el evaluador y/o viabilizador debe identificar si el formulador del proyecto incorporó un adecuado análisis de amenaza y vulnerabilidad, para lo que tendrá en cuenta los siguientes puntos de control:

A. Análisis de Amenaza



Matriz de históricos y recurrencia de eventos amenazantes

En este primer punto de control el evaluador va a revisar si se identificaron las amenazas que se han presentado sobre el territorio donde se va a construir la infraestructura, para lo cual revisará la matriz del históricos de eventos amenazantes que se registraron en la Tabla 5, así mismo, se debe verificar que se haya diligenciado la matriz de recurrencia de los eventos identificados, tal como se muestra en la Tabla 6. Es importante que con el diseño se aporten los soportes de las fuentes de información utilizadas, con el fin de poder validar la información aportada por el formulador del proyecto.



Mapas de amenazas identificadas etapa de prefactibilidad

El formulador al presentar los mapas de amenazas en la etapa de prefactibilidad estará dando cumplimiento al desarrollo de los pasos 2 al 7 del numeral 2.1.2 de este documento. Estos mapas de amenazas deberán estar a escala entre 1:500 y 1:50.000 y mostrarán las amenazas categorizadas en alta, media o baja por escala de colores con el fin de facilitar la comprensión.

Es necesario validar los rótulos y convenciones de los mapas, para asegurar que se incluye la información general que se presenta y que corresponde al área en donde se desarrollará el proyecto, y debe estar firmado por el formulador del proyecto o el experto en riesgos.

Los mapas le brindan al evaluador y/o viabilizador una visión de las amenazas en el territorio, ya que de forma gráfica se podrán identificar las áreas en donde la amenaza tiene mayor o menor incidencia.



Mapas de amenazas identificadas etapa de factibilidad

En la etapa de factibilidad el formulador del proyecto deberá presentar mapas de amenazas con un mayor nivel de detalle dependiendo de la ubicación de los componentes del sistema de agua potable y/o saneamiento que se va a construir (alternativa seleccionada). El evaluador deberá constatar lo anterior de acuerdo con el informe del estudio de riesgo del proyecto. Con este punto de control se verifica el cumplimiento de los pasos 1 al 4 del numeral 2.2.1 de este documento.

B. Análisis de Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD DE ELEMENTOS FÍSICOS



Mapas de superposición de infraestructura sobre amenazas y Matriz con análisis de exposición de cada uno de los componentes del sistema por cada amenaza

Lo primero que se tiene que verificar en el análisis de vulnerabilidad de elementos físicos es el cumplimiento del Paso 1 del numeral 2.3.1, se debe revisar si se entregó el mapa de superposición de la infraestructura a construir sobre cada una de las amenazas identificadas, con lo anterior se puede establecer la exposición de los componentes de los sistemas de agua potable y/o saneamiento a cada uno de los eventos amenazantes. Así mismo, se debe presentar la matriz de análisis de exposición de cada uno de los elementos del sistema, como se presenta en la Tabla 13.



Caracterización de la vulnerabilidad de los componentes del sistema por cada amenaza

En este punto de control el evaluador del proyecto deberá verificar si se aporta por parte del formulador la caracterización de vulnerabilidad de cada uno de los componentes del sistema expuestos a cada una de las amenazas identificadas, categorizando la vulnerabilidad de cada elemento en alta, media o baja.

Esto le permite al evaluador y/o viabilizador identificar los componentes que presentan mayor grado de vulnerabilidad ante determinada amenaza.

VULNERABILIDAD SOCIAL



Estimación del Índice Multidimensional de Vulnerabilidad Social

Se deberá validar el reporte del índice multidimensional de vulnerabilidad social en la cual se analizan las condiciones socioeconómicas de la comunidad en temas de salud, educación, vivienda, empleo/ingreso y población, tal como se puede observar en la Tabla 14. Es necesario que el resultado de las ponderaciones de las variables este reportado en el rango de alto, medio o bajo, lo cual permitirá medir la cobertura de las necesidades básicas de las personas y el acceso a los servicios del Estado.

Este índice se presenta tanto para proyectos en etapa de prefactibilidad como en factibilidad y le permite al evaluador y/o viabilizador del proyecto inferir que tanto puede asimilar los impactos de un desastre la comunidad beneficiaria del proyecto.

VULNERABILIDAD ELEMENTOS EXTERNOS AL PROYECTO



Plano y matriz de elementos externos al proyecto

Se debe presentar un plano por tipo de amenaza superponiendo los elementos externos del proyecto, mostrando la vulnerabilidad que cada elemento tiene frente a una posible afectación de los sistemas de agua potable y/o saneamiento. Se deben identificar todos los elementos que se encuentren en el área de influencia del proyecto que puedan verse afectados por fallas en los elementos del sistema por la materialización de un desastre. Estos planos de elementos del entorno deberán estar a escalas entre 1:500 y 1:50.000.

Así mismo se deberá presentar una matriz de vulnerabilidad de los elementos externos al proyecto, que, junto al plano de amenazas, mostrará al evaluador y/o viabilizador del proyecto los elementos, instalaciones, infraestructura y edificaciones cercanas al área del proyecto que de verse afectados pueden alterar total o parcialmente las actividades, funciones y relaciones sociales, económicas y culturales que allí se desarrollan y/o a las personas que las realizan.

VULNERABILIDAD EN LA FUTURA OPERACIÓN DEL PROYECTO (VULNERABILIDAD DEL PRESTADOR)



Diagnóstico y medidas de fortalecimiento del prestador

El estructurador y/o formulador deberá presentar para proyectos en etapa de prefactibilidad y factibilidad un diagnóstico del prestador involucrando criterios técnicos, administrativos, financieros, planeación, gestión y cumplimiento de normas y establezca medidas de fortalecimiento, si así lo considera necesario.

La información de este punto de control permite conocer la capacidad que tiene el prestador para operar y administrar el sistema, y con ello, la capacidad técnica, institucional y financiera que tiene para afrontar un desastre.

ANÁLISIS DE RIESGO



Matriz de análisis del riesgo del proyecto

El formulador debe presentar la matriz de análisis de riesgo del proyecto que se indica en la Tabla 15, cuantificando los costos de los daños, pérdidas e impactos que se originen por la materialización de una emergencia o desastre que afecte los sistemas de agua potable y/o saneamiento y por ende la normal prestación de los servicios. Para los proyectos en la etapa de prefactibilidad se debe presentar la matriz para cada una de las alternativas estudiadas y para proyectos en la etapa de factibilidad se debe presentar solo el análisis de la alternativa seleccionada. La cuantificación de estos costos será fundamental para la evaluación costo beneficio de las alternativas de solución y poder seleccionar la mejor.

4.1.2 Valoración del Riesgo



Matriz de valoración del riesgo del proyecto

El evaluador y/o viabilizador del proyecto deberá identificar si el diseño incorporó la valoración del riesgo, entendida como la relación entre cada una de las amenazas identificadas y la vulnerabilidad de cada uno de los componentes del sistema de agua potable y/o saneamiento. El riesgo se categorizará en alto, medio o bajo como se muestra en la Tabla 16.

4.1.3 Evaluación del Riesgo



Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto

En este punto de control el evaluador revisará si el formulador presentó la matriz de clasificación de los riesgos del proyecto, donde se determina para cada uno de los riesgos identificados si son mitigables, no mitigables o remanentes, lo que permitirá establecer las medidas de intervención para reducir y/o mitigar los riesgos.

4.1.4 Formulación de las medidas de intervención



Matriz de medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos

En este momento del análisis el formulador debe presentar mediante una matriz las medidas estructurales o no estructurales planteadas para reducir o mitigar los riesgos identificados.

Para cada medida de intervención se debe presentar la estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento, y se deben estimar los beneficios que se obtendrán en términos de la disminución de los daños, pérdidas e impactos económicos negativos para el entorno. Estos costos serán fundamentales para la evaluación costo beneficio.

4.1.5 Evaluación costo beneficio

La evaluación costo beneficio de este documento se aplica para las medidas de intervención o tratamiento del riesgo y contribuirá a la evaluación ex ante del proyecto, el evaluador y/o viabilizador deberá verificar que el proyecto presentado contenga la evaluación económica de cada alternativa y dentro de todos los aspectos es importante validar los siguientes puntos de control:



Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados

El evaluador y/o viabilizador del proyecto deberá revisar si el formulador presenta el análisis de beneficios y cobeneficios y costos identificados para cada una de las alternativas (etapa de prefactibilidad).



Matriz de análisis con los criterios de VAN, Razón (B/C) y TIR

El formulador debe presentar la matriz de análisis con los criterios de VAN, Razón (B/C) y TIR de cada una de las alternativas para seleccionar la más adecuada.



*Cuenca
intervenida.*

4.2 Lista de chequeo para la evaluación y viabilización de proyectos de acueducto y alcantarillado

En la siguiente tabla se presenta la lista de chequeo que podrá ser utilizada por los evaluadores y/o viabilizadores de proyectos de acueducto, alcantarillado y/o tratamiento de aguas residuales en la etapa de prefactibilidad o factibilidad, lo cual facilitará la verificación de requisitos mínimos y puntos de control propuestos en el presente capítulo. Esta lista de chequeo además de permitirle al evaluador y/o viabilizador llevar la relación de la información suministrada por el formulador, le permite incorporar comentarios (observaciones) en cada uno de los puntos de control, con el fin de requerir ajustes, aclaraciones o complementaciones si así se considera.

Tabla 19. Lista de chequeo para la verificación de la incorporación del análisis de riesgo de desastres en proyectos de agua potable y saneamiento

Fecha de Radicación:			
Nombre del Proyecto:			
Municipio:		Departamento:	
Valor del Proyecto:		Código del Proyecto:	
Fase del Proyecto:	Pre-Factibilidad ☐	Entidad Formuladora:	
	Factibilidad ☐		

PUNTOS DE CONTROL		SE ADJUNTA		OBSERVACIONES DEL EVALUADOR
		SI	NO	
ANÁLISIS DE LA AMENAZA	1. Matriz de históricos y recurrencia de eventos amenazantes.			
	2. Mapas de amenazas identificadas etapa de prefactibilidad.			
	3. Mapas de amenazas identificadas etapa de factibilidad.			
ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	4. Mapas de superposición de infraestructura sobre amenazas y Matriz con análisis de exposición de cada uno de los componentes del sistema por cada amenaza.			
	5. Caracterización de vulnerabilidad de los componentes del sistema por cada amenaza.			
	6. Estimación del Índice Multidimensional de vulnerabilidad social.			
	7. Plano y matriz de elementos externos al proyecto.			
	8. Diagnóstico y medidas de fortalecimiento del prestador.			
ANÁLISIS DEL RIESGO	9. Matriz de análisis del riesgo del proyecto.			
VALORACIÓN DEL RIESGO	10. Matriz de valoración del riesgo del proyecto.			
EVALUACIÓN DEL RIESGO	11. Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto.			
MEDIDAS DE INTERVENCIÓN	12. Matriz medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos.			
EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO	13. Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados.			
	14. Matriz de análisis con los criterios de VAN, Razón (B/C) y TIR.			

Fecha de evaluación: Nombre del evaluador Firma



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo claro que los daños, pérdidas e impactos negativos producidos por la materialización de un desastre cada vez son mayores debido al incremento de la magnitud y frecuencia con que los eventos amenazantes se presentan en el país y en el mundo, el incorporar el análisis y evaluación de riesgo en la fase de preinversión de los proyectos (fases de prefactibilidad y factibilidad) se constituye en una actividad primordial para la que los proyectos de infraestructura sean resilientes y se puedan reducir o mitigar las futuras condiciones de riesgo durante su construcción y operación.

El punto de partida del análisis de riesgo es el análisis de las amenazas que se puedan presentar en el área donde se emplazará el proyecto, razón por la cual es importante que el proceso de conocimiento del riesgo se fortalezca a nivel nacional, regional y local, incluyendo este análisis en los instrumentos de planeación del gobierno nacional y los entes territoriales. Es importante invertir en la realización de mapas detallados de las amenazas que se puedan presentar sobre la infraestructura existente y la que se va a construir independientemente del sector que se pretenda fortalecer o desarrollar en el país (se podrán implementar métodos heurísticos y estadísticos para la etapa de prefactibilidad y determinísticos y probabilísticos para la etapa de factibilidad).

Para la formulación de proyectos de agua potable y saneamiento es recomendable contar con un equipo multidisciplinario de profesionales que, según el tipo de proyecto, incluya expertos en sistemas de acueducto, alcantarillado y saneamiento básico (en muchos lugares se utilizan letrinas y sistemas individuales), profesionales con conocimiento en los temas demográficos y de usos de la tierra, hidrología, geología y suelos, temas económicos y de evaluación social, temas ambientales y de sostenibilidad, entre otros (se recomienda contar con un especialista en gestión del riesgo y un especialista en evaluación social de proyectos).

El análisis de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales expuestos ante los diferentes eventos amenazantes que se pueden presentar, debe ser realizado teniendo en cuenta en primer lugar la información estadística de la susceptibilidad de cada elemento, si se cuenta con información, y en segundo lugar por el análisis de expertos en visitas de campo técnicas para los elementos existentes.

El análisis de vulnerabilidad del entorno es fundamental para poder cuantificar la posible afectación ocasionada por una falla en los sistemas de agua potable y/o saneamiento sobre personas, comunidades, infraestructura (vías, centros de salud, centros educativos, etc.), actividades productivas (agricultura, ganadería, turismo, industria y comercio, entre otras) y medio ambiente. Lo anterior, esencial para el análisis costo beneficio de las alternativas propuestas y la selección de la mejor alternativa.

Así mismo, es relevante incorporar la evaluación de la vulnerabilidad social, para lo cual, el formulador de proyectos podrá utilizar el Índice Multidimensional de Vulnerabilidad utilizado por el gobierno de Honduras para la focalización de las ayudas a población afectada por COVID-19, y que puede ser utilizado para establecer la vulnerabilidad social en la gestión de riesgos de desastres, con el fin de identificar la población más vulnerable a la hora de presentarse un desastre y con esto poder establecer acciones para la atención y restablecimiento de las condiciones socio-culturales.

En la misma línea, es importante realizar el análisis de vulnerabilidad del prestador ya que este es el responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas en el futuro, y la atención de emergencias que se susciten después de un desastre o una falla interna del sistema que interrumpa la prestación normal de los servicios.

Lo anterior, en coherencia con las tres (3) dimensiones de análisis y evaluación del riesgo que se plantean en la metodología, i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos de la futura operación del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos.

Los análisis de riesgo en las etapas de prefactibilidad y factibilidad se deben realizar a la escala de detalle que cada etapa requiera (se recomienda que los estudios se realicen a una escala entre 1:500 y 1:50.000), entendiendo que la etapa de prefactibilidad requiere estudios básicos y la etapa de factibilidad estudios de detalle.

La metodología plantea evaluar los riesgos estableciendo si son mitigables, no mitigables o remanentes, para poder definir, dependiendo de cada caso, medidas de intervención estructurales o no estructurales con el objetivo de reducir o mitigar el riesgo estudiado. Con base en los daños más frecuentes ocasionados en los sistemas de agua y saneamiento, las medidas deberían ser más concretas, por ejemplo, se deben seguir construyendo letrinas ventiladas (a nivel de piso) en lugares inundables, o deberán sobre elevarse para hacer más fácil su recuperación, como evitar que las tapas de los pozos de alcantarillado eviten el ingreso de sedimentos y materiales cuando se inundan con tirantes mayores a 1.0 m y durante varios días.

Es importante tener en cuenta que la vida útil de los sistemas de agua potable y saneamiento es de mínimo 20 años, por lo que se tiene un horizonte de tiempo que no solamente debe tener en cuenta la variabilidad climática (corto plazo) sino los escenarios de cambio climático (mediano y largo plazo) en el análisis y evaluación de riesgos.

Para la identificación de beneficios se recomienda realizar aproximaciones económicas a partir de beneficios obtenidos por reducir el riesgo, es decir, por la reducción de los daños, pérdidas e impactos sobre el sistema y el entorno.

$$\text{Beneficios} = \text{Riesgos "sin intervención"} - \text{Riesgos "con intervención"}$$

Si el estudio incluye medidas de adaptación al cambio climático, se considerarán las externalidades positivas o los cobeneficios en el análisis.

También se debe estimar cual será el costo aproximado o medio de realizar esta evaluación de riesgo y el de implementar las medidas de mitigación según el grado de resiliencia que se desee alcanzar.

Bibliografía

- Benson, C., & Twigg, J. (2007). *Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction: Guidance Notes for Development Organisations*. Ginebra.
- BID, Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales*. Ecuador.
- BID, CEPAL. (2021). *Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras*. Tegucigalpa, Honduras.
- CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. Perú.
- Comunidad Andina. (2009). *Incorporación de la gestión del riesgo de desastres en la inversión pública. Lineamientos y estrategias para la formulación y evaluación de proyectos*. San Isidro-Perú.
- COPECO. (2011). *Manual de Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido*. Tegucigalpa, Honduras.
- Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP). (2015). *Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública*. Tegucigalpa, Honduras .
- DNP. (2021). *Guía con lineamientos para incorporar Análisis de Riesgo de Desastres en proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para municipios de categoría 4, 5 y 6*. Bogotá D.C., Colombia.
- DNP, Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Guía para la construcción y estandarización de la cadena de valor*. Bogotá D.C., Colombia.
- DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ. (2019). *Incorporando la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública*. Bogotá D.C., Colombia.
- GIZ GMBH, DNP, MADS, MHCP y UNGRD. (2019). *Metodología para la evaluación del riesgo*. Bogotá D.C., Colombia.
- MinAmbiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas POM-CAS, Anexo B. Gestión del Riesgo*. Bogotá D.C., Colombia.
- MVCT y UNGRD. (2014). *Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo*. Bogotá D.C., Colombia.
- MVCT, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; UNGRD, Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres. (2014). *Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo*. Bogotá D.C., Colombia.

- Organización Panamericana de la Salud - OPS. (1998). *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario: Guía para el análisis de vulnerabilidad*. Washington D.C.: OPS.
- PNUD, Programa de la Naciones Unidas Para el Desarrollo. (2012). *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País*. Chile.
- PNUD, Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). *Focalización de transferencias a población vulnerable por el COVID-19 en Honduras*. Honduras.
- SANAA, Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. (2004). *Normas de diseño para el alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y tratamiento de aguas residuales*. Honduras.
- SEFIN, Secretaría de Finanzas. (2015). *Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública*. Honduras.
- UNGRD. (2017). *Lineamientos Para el Análisis de la Vulnerabilidad Social en los Estudios de la Gestión Municipal del Riesgo de Desastres*. Bogotá D.C., Colombia: Imprenta Nacional.
- UNGRD, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Fenómenos Amenazantes*. Bogotá D.C., Colombia.
- UNISDR, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Panamá.
- Yamin, Ghesquiere, Cardona, & Ordaz. (2013). *Modelación probabilística para la gestión del riesgo de desastres, El caso de Bogotá Colombia*. Bogotá D.C., Colombia.

Anexos

Anexo 1. Metodologías y documentos orientadores análisis de riesgo de desastres

Tabla 20. Metodologías y documentos orientadores para el análisis de riesgo de desastres

Documento	Entidad	Descripción
Plan Nacional de Reducción de Riesgos por Sequía 2020 – 2038	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente del Gobierno de Honduras	Define los lineamientos estratégicos y los principios básicos que deben desarrollar las instituciones de los sectores público y privado, así como las organizaciones sociales, para la ejecución de programas y acciones dirigidos al conocimiento, reducción de riesgos, y manejo de la respuesta frente a eventos de sequía (Índice de Severidad y Aridez).
Guía Metodológica General para la Formulación y Evaluación de Programas y Proyectos de Inversión Pública	Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP) de la Secretaría de Finanzas de Honduras	Incluye un conjunto de conceptos teóricos y metodológicos relacionados con el proceso de identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública (Incluye el Análisis de Riesgo).
Método para Reducir la Vulnerabilidad en Proyectos de Infraestructura “Blindaje de Proyectos”	Secretaría de Finanzas de Honduras	Tiene como propósito mejorar la formulación de proyectos locales de inversiones en infraestructura al contribuir a reducir su vulnerabilidad ante diversas amenazas de origen natural, socio ambiental y socioeconómico.
Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido	Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) de Honduras	Incluye herramientas para el análisis de riesgo de emplazamiento aplicables para cualquier tipo de inversión y metodologías específicas para el análisis de vulnerabilidad y riesgo para edificaciones.
Guía para la Reducción de la Vulnerabilidad en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)	Se enfoca fundamentalmente en el marco conceptual y en los instrumentos de evaluación y análisis de riesgos y adaptación al cambio climático.
Perfil de Riesgo de Desastres por Sequía: El Salvador, Guatemala y Honduras	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Presenta los aspectos más relevantes de la metodología y resultados obtenidos en lo que se refiere a la evaluación probabilista de la amenaza por sequía.
Índice Multidimensional de Vulnerabilidad	Gobierno de Honduras -PNUD	Establece una metodología para transferencias monetarias a grupos expuestos a nuevas vulnerabilidades por cuenta de la emergencia sanitaria asociada al COVID-19, para lo cual se calcula el Índice Multidimensional de Vulnerabilidad, indicador que puede ser de utilidad para evaluar la vulnerabilidad social en la gestión de riesgos de desastres en proyectos de agua potable y saneamiento.

Documento	Entidad	Descripción
Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario - Guía para el análisis de vulnerabilidad.	Organización Panamericana de la Salud (OPS)	- La metodología aborda la vulnerabilidad desde el análisis de tres variables: i) las debilidades físicas de los componentes del sistema, ii) las debilidades de los sistemas de apoyo de la empresa y iii) las limitaciones de los servicios en términos de cantidad, continuidad y calidad. Se plantea un análisis de vulnerabilidad incluyendo la organización y administración de las empresas para determinar sus debilidades y establecer las medidas correctivas que deban implementarse para eliminar o disminuir su vulnerabilidad. - El documento propone una metodología de evaluación cuantitativa para valorar la vulnerabilidad física. Haciendo un análisis general de las amenazas por terremotos, huracanes, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas y sequías, y plantea un ejemplo detallado por amenaza sísmica.
Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED de Perú)	El manual establece las variables y parámetros para determinar los niveles de peligrosidad, las vulnerabilidades de los elementos esenciales (exposición, fragilidad y resiliencia), así como calcular y controlar los riesgos, mediante la ejecución de medidas estructurales y no estructurales en el marco de la gestión prospectiva y correctiva del riesgo de desastres.
Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable.	Organización Panamericana de la Salud (OPS)	- El documento aborda el análisis de vulnerabilidad para comunidades rurales y el procedimiento para aplicarlo en los sistemas de agua potable. Para lo cual, plantea la necesidad de conocer las características administrativo-funcionales del prestación y características estructurales para cada una de las amenazas naturales de la zona y su impacto potencial. Con esta información se procede a identificar las vulnerabilidades del sistema y las medidas de mitigación. - El manual plantea una serie de pasos para realizar el análisis de vulnerabilidad e identificar las medidas de mitigación, para lo cual, propone una serie de formatos para la recopilación y análisis de la información, y finalmente desarrolla un ejemplo de aplicación para la valoración de la vulnerabilidad.
Herramienta para la evaluación rápida de riesgos y vulnerabilidades para sistemas de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Es una herramienta que complementa la “Guía para la Gestión del Riesgo en Sistemas de Agua y Saneamiento ante Amenazas Naturales (BID, 2019)”, se basa en el aplicativo de valoración rápida del riesgo de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR). Se realiza un análisis semicuantitativo a través de; i) la identificación de amenazas, ii) la exposición que cada componente del sistema presenta ante las amenazas identificadas, iii) la evaluación de las vulnerabilidades del componente y iv) la calidad de las medidas de respuesta implementadas.

Documento	Entidad	Descripción
		La herramienta incluye un aplicativo Excel para calificar el perfil de riesgo del sistema y definir estrategias de gestión para evaluar su estado a futuro considerando no solo la reducción del riesgo, sino su costo de implementación.
Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública.	Ministerio de Economía y Finanzas de Perú	El documento presenta los procedimientos para incluir el análisis de riesgo en cada uno de los módulos de identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública.
Incorporando la gestión del riesgo de desastres en la inversión pública. Lineamientos y estrategias para la formulación y evaluación de Proyectos.	Comunidad Andina	- En este documento se presenta la propuesta de lineamientos para la incorporación del análisis del riesgo en los proyectos de inversión pública en los países de la subregión andina. - El marco conceptual que sustenta la implementación de la metodología de incorporación del análisis del riesgo en cada uno de los módulos que son parte de los estudios de preinversión: identificación, preparación o formulación y evaluación. - Este documento también plantea los pasos para incorporar el análisis de riesgo en los proyectos de inversión pública.
Caja de Herramientas para intervenciones resilientes	Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia	- Busca orientar la incorporación de los análisis de riesgo de desastres y criterios de adaptación al cambio climático en la formulación de proyectos de inversión pública a nivel local, sectorial, regional y nacional. - El objetivo es incorporar criterios de gestión del riesgo de desastre y de adaptación al cambio climático en la etapa de preinversión de los proyectos para garantizar su sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos. - Este instrumento va dirigido a quienes formulan, viabilizan, supervisan proyectos o toman decisiones frente a inversiones públicas. En total contiene cinco (5) herramientas metodológicas.
Título K del Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS) de Colombia	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico de Colombia	Cuenta con un conjunto de fichas para la estimación del nivel de amenaza y vulnerabilidad - impactos y medidas recomendadas para fenómenos sísmico, actividad volcánica, avenidas torrenciales, movimiento en masa y sequía.

Fuente: Elaboración propia.



CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento

Este documento presenta una serie de recomendaciones a promotores, formuladores y evaluadores de proyectos para incorporar los análisis de riesgo de desastres en la formulación de los proyectos de inversión relacionados con la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las etapas de prefactibilidad y factibilidad, e incorporar y/o verificar que dicha información contribuya a la toma de decisiones para reducir y/o mitigar el riesgo identificado contemplando la adaptación al cambio climático.

Esta propuesta metodológica se fundamenta en diferentes documentos consultados tanto a nivel nacional como internacional, destacándose el “Manual para Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido” desarrollado por la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) y los documentos de la “Caja de Herramientas para intervenciones resilientes” desarrollados por el Gobierno de Colombia.