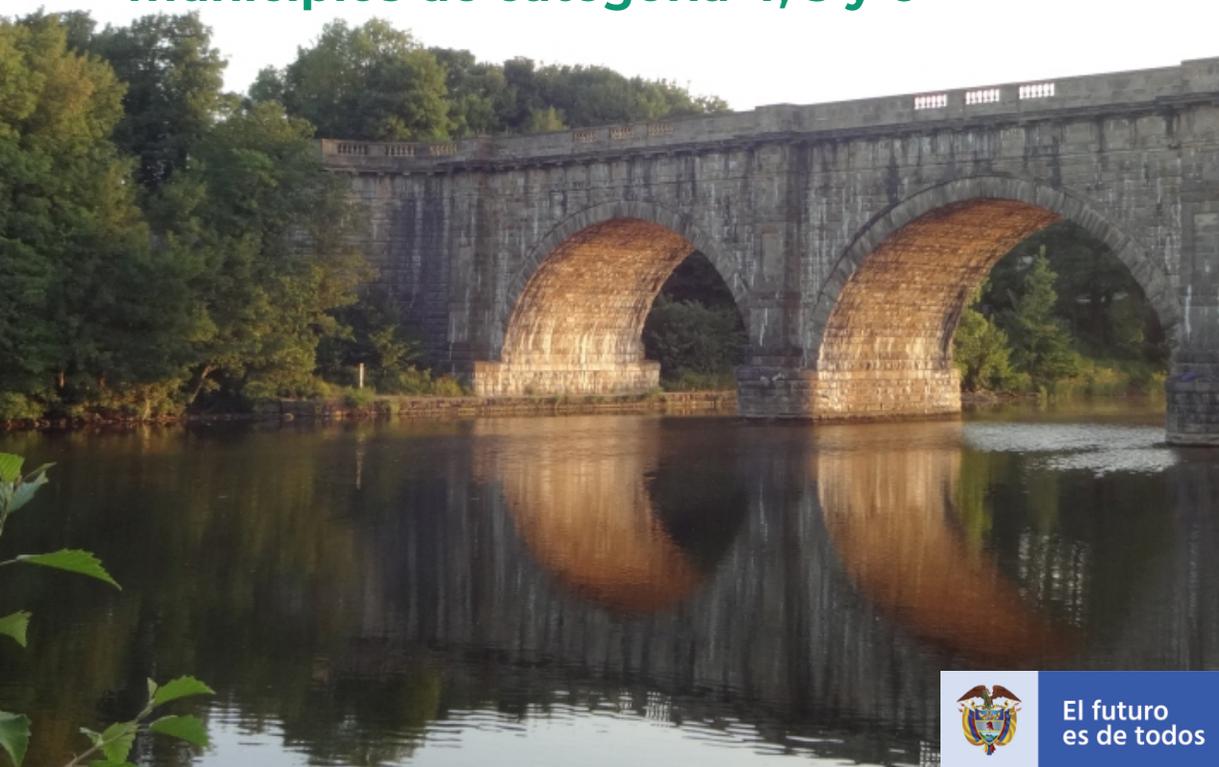


Guía con lineamientos para
incorporar **Análisis de Riesgo de
Desastres** en proyectos de
acueducto, alcantarillado y
tratamiento de aguas residuales para
municipios de categoría 4, 5 y 6



El futuro
es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación



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



El futuro
es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación



KFW

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP)

Dirección General

Luis Alberto Rodríguez Ospino

Subdirección General Sectorial

Daniel Gómez Gaviria

Subdirección General Territorial

Amparo García Montaña

Secretaría General

Diana Patricia Ríos García

Subdirección de Crédito

Natalia Bargans Ballesteros

Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Santiago Aparicio Velásquez

Subdirección de Gestión del Riesgo de Desastres y
Cambio Climático

Carolina Díaz Giraldo

Dirección de Desarrollo Urbano

Redy Adolfo López

Subdirección de Agua Potable y Saneamiento

Beatriz Eugenia Giraldo

Coordinación editorial

Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas

Coordinador

Luis Segundo Gamez Daza

Apoyo de publicaciones

Carmen Elisa Villamizar Camargo

Agradecimiento especial al Equipo de Eficiencia Regulatoria e
Institucional del Grupo de Modernización del Estado.

Coordinación Técnica:

Lina María Ibatá Molina - DNP

Claudia Rocío Cante Maldonado - DNP

Farid Rodríguez Granobles - DNP

Héctor Javier Vargas Navarro – DNP

Con el apoyo de:

Sandra Catalina Moreno Correa - DNP

Autor:

Abel Antonio Rincón Mesa

KfW

Gerente de Portafolio Senior

Katharina Anschuetz

INTERVENCIONES RESILIENTES.

Guía con lineamientos para incorporar análisis de riesgo de desastres en proyectos de inversión pública del nivel municipal especialmente para categorías 4, 5 y 6 y, áreas rurales, relacionados con la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Diseño y diagramación

Javier Romero Cárdenas

Fotografías portada e interiores

Pixabay

Agradecimientos:

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (Lina Marlene Dorado Gonzalez, María Grisela Benítez Ospina, Joana Pérez Betancourt, Óscar Hernán Lozano y Diana Carolina Herrera); **Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio** (Zayda Yaneth Sandoval Núñez, José Edier Ballesteros Herrera, Giovanni Alexander Molano Galeano y Mike Donald Bowie Mahecha); **Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios** (Victor Hugo Arenas Garzón, Dirceu Enrique Vargas Pedroza, Daniela Vanessa Villalba Muñoz y Jorge Moisés Martelo Payares); **Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico** (Yenny Patricia Sánchez Sánchez, Diana Paulina Valencia Valencia y Carolina Focazzio Maz); **Empresa de Servicios Públicos del Meta EDESA S.A. E.S.P.** (Diego Fabián Usme Gallo, Jorge Enrique Leiva Quijano, Edilton Triana Gómez); **Aguas del Huila S.A. E.S.P.** (Ana Lucía Muñoz Castelblanco); **Empresa de Servicios Públicos de Santander ESANT S.A. E.S.P.** (Carol Viviana Murillo Lizarazo, Diana María Pedraza Torres, Juliana Isabel Herrera Contreras); y, a los municipios de los departamentos del **Meta, Huila y Santander** que participaron a través de sus Planes Departamentales de Agua en la validación de la guía.

* Esta guía ha sido elaborada por el Departamento Nacional de Planeación de Colombia, con asistencia técnica y financiera de **KfW**. Los resultados, las interpretaciones y las conclusiones expresadas en esta publicación son en su totalidad de los autores y no deben ser atribuidas en forma alguna a KfW.

Se prohíbe el uso comercial de esta publicación y tal podría castigarse de conformidad con las políticas y/o las legislaciones aplicables.

DNP (2021). *Guía con lineamientos para incorporar análisis de riesgo de desastres en proyectos de inversión pública del nivel municipal especialmente para categorías 4, 5 y 6 y, áreas rurales, relacionados con la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.* Bogotá D.C., Colombia

© Departamento Nacional de Planeación, Calle 26 Núm. 13-19 PBX: (+1) 381 5000 Bogotá, D. C., marzo de 2021.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN. | 10 |
| 1. ASPECTOS BÁSICOS. | 12 |
| 1.1. Ciclo del proyecto. | 12 |
| 1.2. Cadena de valor servicios de acueducto y alcantarillado. | 17 |
| 1.2.1. Servicio de acueducto. | 17 |
| 1.2.2. Servicio de alcantarillado. | 19 |
| 1.3. Clasificación de las estructuras que conforman los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. | 21 |
| 2. METODOLOGÍA PARA INCORPORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. | 22 |
| Paso 1: Caracterización de históricos y de eventos amenazantes. | 27 |
| Paso 2: Identificación de amenazas. | 33 |
| Paso 3: Priorización de amenazas. | 36 |
| Paso 3A: Identificación de amenazas (Información detallada). | 39 |
| Paso 4: Análisis de exposición y predisposición de cada uno de los componentes frente a las amenazas priorizadas. | 52 |
| Paso 5: Análisis de factores físicos de vulnerabilidad (proyectos con componentes existentes). | 56 |
| Paso 6: Análisis de vulnerabilidad del prestador. | 57 |
| Paso 7: Análisis de vulnerabilidad personas y comunidades. | 59 |
| Paso 8: Análisis de elementos expuesto del entorno y su vulnerabilidad. | 63 |
| Paso 9: Análisis del riesgo. | 66 |
| Paso 10: Análisis del riesgo (daños, pérdidas e impactos). | 65 |
| Paso 11: Clasificación de los riesgos del proyecto (mitigable, remanente, no mitigable). | 69 |
| Paso 12: Medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos. | 73 |
| Paso 13: Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados. | 77 |
| Paso 14: Evaluación costo beneficio. | 79 |

| | |
|---|-----|
| 3. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN Y VIABILIZACIÓN DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO. | 81 |
| 3.1. Requisitos de presentación y viabilización de proyectos de acueducto y alcantarillado en Fase de Pre-Factibilidad (Fase II) y Factibilidad (Fase III). | 82 |
| 3.2. Lista de chequeo para la evaluación y viabilización de proyectos de acueducto y alcantarillado. | 87 |
| BIBLIOGRAFÍA. | 89 |
| ANEXO 1. MARCO DE REFERENCIA. | 91 |
| A1.1. Marco Institucional del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – AP y SB. | 92 |
| A1.2. Marco Normativo de la Gestión del Riesgo de Desastres en el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - AP y SB. | 97 |
| A1.3. Análisis de Riesgo - Conceptos Básicos. | 105 |
| A1.4. Procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres y su Relación con el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - APSB). | 107 |
| ANEXO 2. CICLO DEL PROYECTO – RAS. | 119 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Etapas Ciclo del Proyecto. | 13 |
| Figura 2. Análisis de Riesgo – Etapa de Preinversión. | 15 |
| Figura 3. Componentes Generales de un Sistema de Acueducto. | 18 |
| Figura 4. Componentes Generales de un Sistema de Alcantarillado. | 20 |
| Figura 5. Procedimiento General para Analizar y Evaluar el Riesgo. | 23 |
| Figura 6. Dimensiones del Análisis de Riesgo en Proyectos para los Sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales. | 24 |
| Figura 7. Mapa de Actividades para el Paso 1. | 27 |
| Figura 8. Alcance de la Fase I – Perfil. | 28 |
| Figura 9. Mapa de Actividades para el Paso 2. | 33 |
| Figura 10. Mapa de Actividades para el Paso 3. | 36 |
| Figura 11. Mapa de Actividades para el Paso 3A. | 39 |
| Figura 12. Procedimiento para el Análisis de Exposición y Vulnerabilidad del Proyecto (Elementos Físicos). | 52 |
| Figura 13. Ejemplo de Superposición de Información. | 53 |
| Figura 14. Beneficios y Costos para un Proyecto Que Incluye Medidas de Reducción. | 76 |
| Figura 15. Proceso Metodológico para Evaluación Costo Beneficio. | 77 |
| Figura 16. Esquema Institucional Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Apsb. | 92 |
| Figura 17. Articulación de Actores del Sector De Apsb Frente a Emergencias. | 94 |
| Figura 18. Normatividad Sectorial Relacionada con la Gestión del Riesgo. | 98 |
| Figura 19. Proceso Continuo del Análisis y Evaluación del Riesgo. | 108 |
| Figura 20. Pasos para Incorporar el Análisis y Evaluación del Riesgo en Proyectos en Etapa de Pre Inversión. | 109 |
| Figura 21. Condiciones que Aumentan la Vulnerabilidad de los Proyectos de Infraestructura de Acueducto y Alcantarillado. | 115 |
| Figura 22. Aspectos en la Evaluación de la Vulnerabilidad. | 116 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Escalas Requeridas para el Análisis de Riesgo en las Fases de Prefactibilidad y Factibilidad. | 25 |
| Tabla 2. Caracterización de Histórico de Eventos (Acueducto o Alcantarillado). | 30 |
| Tabla 3. Caracterización de la Recurrencia de los Eventos Amenazantes Identificados. | 31 |
| Tabla 4. Caracterización de la Intensidad de los Eventos Amenazantes Identificados. | 31 |
| Tabla 5. Caracterización del Territorio Afectado de los Eventos Amenazantes Identificados | 32 |
| Tabla 6. Caracterización del Territorio Afectado de los Eventos Amenazantes Identificados | 32 |
| Tabla 7. Caracterización de la Información Nacional. | 34 |
| Tabla 8. Procedimiento para la Elaboración de Diseños Detallados. | 38 |
| Tabla 9. Aspectos A Considerar para Trabajos en Terreno. | 40 |
| Tabla 10. Información Detallada de Amenazas o Eventos Amenazantes de Origen Natural. | 41 |
| Tabla 11. Elementos Técnicos a Considerar para la Identificación de Parámetros de Evaluación. | 44 |
| Tabla 12. Elementos Técnicos a Considerar en la Identificación de Factores Condicionantes. | 46 |
| Tabla 13. Factores Detonantes de Acuerdo a su Origen. | 47 |
| Tabla 14. Factores Detonantes y su Posible Relación con Fenómenos Amenazantes. | 48 |
| Tabla 15. Metodologías y Documentos Orientadores para el Análisis de Amenazas. | 49 |
| Tabla 16. Contenidos de Referencia para Incorporar Escenarios de Cambio Climático en el Análisis De Amenaza. | 50 |
| Tabla 17. Matriz para El Análisis de Exposición del Sistema de Acueducto ante las Amenazas de Categorías Media y Alta. | 54 |
| Tabla 18. Reporte de Afectaciones en Redes de Distribución por Eventos. | 55 |
| Tabla 19. Clasificación del Nivel de Predisposición de Cada uno de los Componentes Expuestos a las Amenazas Priorizadas. | 55 |
| Tabla 20. Calificación de Nivel de Riesgo por Resultado del IUS. | 58 |
| Tabla 21. Matriz Vulnerabilidad Social. | 61 |
| Tabla 22. Matriz de Valoración del Riesgo. | 65 |
| Tabla 23. Análisis del Riesgo en Proyectos de Acueducto y Alcantarillado. | 68 |
| Tabla 24. Metodologías para Evaluar Riesgos. | 71 |
| Tabla 25. Criterios de Eficacia. | 79 |
| Tabla 26. Lista de Chequeo para la Verificación de la Incorporación del Análisis de Riesgo de Desastres en Proyectos de Acueducto y Alcantarillado. | 88 |
| Tabla 27. Principales Actores del Sector De APSB y su Relación con la Gestión del Riesgo. | 96 |
| Tabla 28. Normas Antes de la Ley 1523 de 2012 y su Relación con la Gestión del Riesgo de Desastres. | 98 |
| Tabla 29. Normas Después de la Ley 1523 de 2012 y su Relación con la Gestión del Riesgo de Desastres. | 100 |
| Tabla 30. Instrumentos del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. | 104 |
| Tabla 31. Amenazas y Posibles Efectos del Entorno hacia Sistemas de Acueducto y Alcantarillado. | 111 |
| Tabla 32. Amenazas y Posibles Efectos de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado al Entorno. | 113 |
| Tabla 33. Ejemplo de Identificación de Variables para Evaluación de Factores de Vulnerabilidad. | 117 |
| Tabla 34. Elementos de Referencia para El Análisis del Factor Físico para Proyectos de Infraestructura de Acueducto, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales | 118 |
| Tabla 35. Ciclo del Proyecto – RAS. | 120 |

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

| | |
|---------------------|--|
| AAA: | Acueducto, Alcantarillado y Aseo. |
| APSB: | Agua Potable y Saneamiento Básico. |
| ASOCARS: | Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible. |
| CAR: | Corporación Autónoma Regional. |
| CDGRD: | Consejo Departamental de Gestión del Riesgo. |
| CMGRD: | Consejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres. |
| CNGRD: | Consejo Nacional para la Gestión del Riesgo. |
| CRA: | Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. |
| DIMAR: | Dirección General Marítima. |
| DNP: | Departamento Nacional de Planeación. |
| EMRE: | Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias. |
| ESP: | Empresa de Servicios Públicos. |
| IDEAM: | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. |
| INVEMAR: | Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. |
| IUS: | Indicador Único Sectorial. |
| KFW: | Kreditanstalt für Wiederaufbau - Es un banco de Desarrollo del Estado de la República Federal de Alemania. |
| MinAmbiente: | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. |
| MinHacienda: | Ministerio de Hacienda y Crédito Público. |
| MinSalud: | Ministerio de Salud y Protección Social. |
| MinVivienda: | Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. |
| NSR-10: | Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. |
| PDA: | Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento. |
| PEC: | Plan de Emergencia y Contingencia. |
| PGR: | Plan de Gestión y Resultados. |



| | |
|-----------------|--|
| PGRD: | Planes de Gestión de Riesgo de Desastres. |
| PGRDEPP: | Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de las Entidades Públicas y Privadas (Decreto 2157 de 2017). |
| PGRS: | Plan de Gestión de Riesgo Sectorial. |
| PIGCCS: | Plan Integral de Gestión de Riesgo de Cambio Climático Sectorial. |
| PMGRD: | Plan Municipal de Gestión del Riesgo. |
| PTAP: | Planta de Tratamiento de Agua Potable. |
| PTAR: | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. |
| RAS: | Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. |
| SGC: | Servicio Geológico Colombiano. |
| SSPD: | Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. |
| SUI: | Sistema Único de Información. |
| UNGRD: | Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. |
| VASB: | Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. |

INTRODUCCIÓN

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) tiene dentro de sus funciones brindar apoyo técnico a las entidades públicas en la formulación, evaluación y seguimiento de los proyectos de inversión, donde se reconoce que la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático son elementos claves en la sostenibilidad de las inversiones, en particular, cuando se consideran desde las etapas tempranas de la planificación.

En ese sentido, el DNP, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres elaboraron en 2019 la “Caja de herramientas para orientar la incorporación del análisis de riesgo de

desastres y la adaptación al cambio climático en los proyectos de inversión pública”, respondiendo a los compromisos del Pacto por la Sostenibilidad establecidos en Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Dando continuidad a este proceso, el DNP ha iniciado la elaboración de unos Anexos Sectoriales para la Caja de Herramientas, priorizando entre ellos, el sector de agua potable y saneamiento.

Uno de los procesos críticos del desarrollo tiene que ver con la gestión eficiente del recurso hídrico, principalmente en lo relacionado con el abastecimiento de agua para la población, proceso, actividades que implican infraestructura diversa, que puede verse afectada por diferentes eventos catastróficos.

Al respecto, se estima que entre los años 2009 y 2020, el sector ha tenido pérdidas cercanas a los 386.000 millones de pesos (a valores 2020), las cuales están asociadas a los recursos dejados de percibir por fallas en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado; de estas pérdidas, los municipios categorías 4, 5 y 6 han aportado cerca del 39%, siendo a nivel nacional, los años 2010 y 2011 los que han generado cerca del 49% de las pérdidas en este periodo de tiempo.

Igualmente, y de acuerdo con las estimaciones realizadas, en el sector en los últimos 12 años, se han reportado daños estimados en cerca de 1,2 billones de pesos (a valores 2020), teniendo en cuenta que, a nivel nacional durante este periodo, los años con mayores

costos de reparaciones fueron 2010 y 2011 asociados al fenómeno de La Niña.

Es decir, los impactos económicos en daños y pérdidas del sector, entre los años 2009 y 2020 suman cerca de 1,6 billones de pesos (a valores 2020), lo que amerita una revisión de la manera como el sector está incorporando la gestión del riesgo de desastres en las etapas de pre-inversión, inversión, operación y evaluación ex post de sus proyectos e intervenciones.

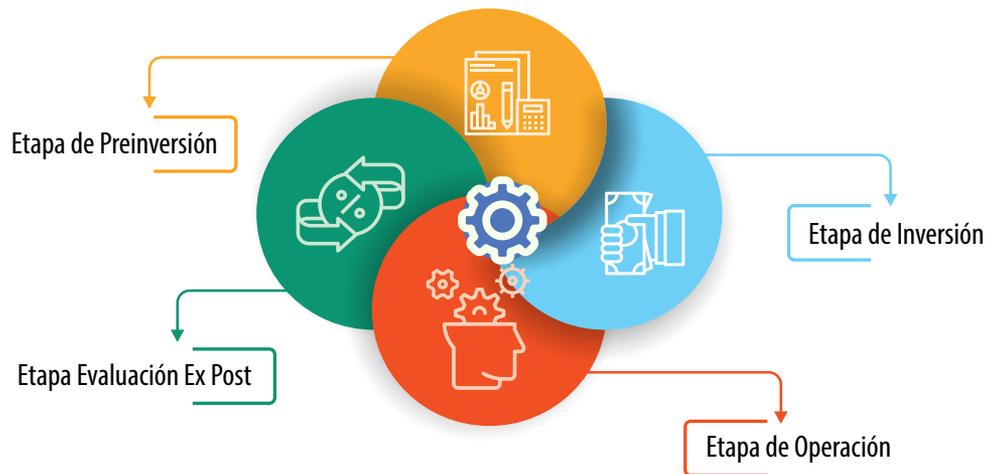
Si bien, el sector de agua potable y saneamiento básico ha venido incorporando los procesos de la gestión del riesgo en la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, producto no solamente del cumplimiento normativo, sino por la ocurrencia y recurrencia de desastres que han afectado la infraestructura y, por ende, las condiciones en la prestación resulta clave asegurar que el desarrollo de dicha infraestructura considera su particular condición de riesgo y desarrolla medidas en consecuencia para reducirlas.

Bajo lo anterior, este documento presenta una serie de recomendaciones a formuladores y evaluadores de proyectos para desarrollar los análisis de riesgo de desastres en proyectos de inversión relacionados con la prestación de servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en las fases de prefactibilidad (fase II) y factibilidad (fase III), e incorporar y/o verificar que dicha información contribuyó a la toma de decisiones para reducir y/o mitigar el riesgo identificado y adaptarse al cambio climático.

El presente documento contiene en su capítulo 1 la descripción de las etapas de un proyecto y su relación con el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, en el capítulo 2 desarrolla en catorce (14) pasos la metodología para incorporar el análisis de riesgo en la formulación de los proyectos de acueducto, alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales y en el capítulo 3 plantea criterios para la evaluación y viabilización de los proyectos del sector incorporando

el análisis del riesgo. Así mismo, como marco de referencia y para contextualizar al lector, en los anexos (que se encuentran en el siguiente hipervínculo Anexos), se presenta el marco institucional y normativo del sector y conceptos básicos asociados a la gestión y análisis del riesgo de desastres.

Figura 1. Etapas Ciclo del Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante conocer el ciclo de un proyecto de inversión para establecer en qué etapa del mismo se incorpora el análisis de riesgo durante su proceso de formulación y estructuración (Figura 2). El objetivo de incorporar este análisis en la etapa de preinversión es el de prevenir futuras condiciones de riesgo durante su construcción y operación, la incorporación del análisis del riesgo de desastres contribuye a la seguridad y sostenibilidad de las inversiones.

De igual forma, es importante señalar que, en el desarrollo de estas etapas, se debe dar cumplimiento a lo estipulado por el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (ANEXO 2) que establece en su artículo 3, los siguientes principios orientadores de la planeación, diseño y ejecución de las obras y de las actividades de operación y mantenimiento para los proyectos de infraestructura:

1. Garantizar la calidad de la prestación de los servicios.
2. Lograr la atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.
3. Buscar la ampliación permanente de los servicios.
4. Garantizar la prestación continua e ininterrumpida de los servicios.
5. La planeación, economía, celeridad, transparencia, eficacia, imparcialidad, oportunidad, publicidad y responsabilidad en la contratación de las obras y actividades de operación y mantenimiento.
6. Garantizar la seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia de la infraestructura requerida para la prestación de los servicios públicos de agua y saneamiento.
7. Durante las etapas del proyecto, la interacción con la comunidad deberá ser proactiva y preventiva.

Como lo establece el artículo 19 del RAS, para la elaboración de la planeación de los proyectos, se deberá conformar un equipo interdisciplinario de profesionales, según el tipo de proyecto, que incluya expertos en el sector de acueducto, alcantarillado y/o aseo, 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 en evaluación social de proyectos).

Etapa de preinversión

Es la etapa en la cual se realizan y analizan estudios de tipo técnico, legal, ambiental y económico para identificar la mejor alternativa de solución al problema planteado. Dentro de la etapa de preinversión se identifican tres fases de maduración del proyecto: perfil, prefactibilidad y factibilidad.

La diferencia entre las fases 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 (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

- » **Fase Perfil.** En esta fase se hace énfasis en la identificación de la problemática, de los actores relacionados con esta, y de las alternativas de solución posibles, buscando con información secundaria crear una fotografía del futuro proyecto de inversión, por lo cual se hace necesario adelantar el análisis y la evaluación de la conveniencia de cada una de estas alternativas (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).
- » **Fase II Prefactibilidad.** En este nivel se evalúan las alternativas que fueron seleccionadas en la fase precedente. Se realizan estudios técnicos especializados de manera que

al mejorar la calidad de la información reduzcan la incertidumbre para poder comparar las alternativas y decidir cuáles se descartan y cuál se selecciona. Estos estudios deben incluir al menos los efectos producidos por cambios en las variables relevantes del proyecto sobre el valor presente neto, sobre cambios en los gastos de inversión y de operación del proyecto, y las estimaciones de la demanda y de la oferta. Conforme lo señala el artículo 2.2.4.1.1.3.2 del Decreto 1082 de 2015.

Para tener en cuenta, que el análisis de riesgo de desastres en esta fase de prefactibilidad brindarán herramientas al formulador y/o estructurador del proyecto para estimar los daños, pérdidas e impactos ocasionados por la exposición de los componentes de los sistemas frente a eventos de origen natural y socio-natural, lo que le permitirá tomar medidas de reducción o mitigación que deben ser consideradas en las diferentes alternativas de solución, para luego, seleccionar la más favorable.

- » **Fase III Factibilidad.** En esta fase se profundizan los estudios adelantados previamente, en espe-

cial aquellos de carácter técnico relacionados con estudios a nivel de ingeniería de detalle, así como otros que abordan aspectos legales e institucionales relacionados con la coordinación de acciones, la asignación de responsabilidades, la administración de riesgos, los aspectos financieros y la determinación de las fuentes de financiación.

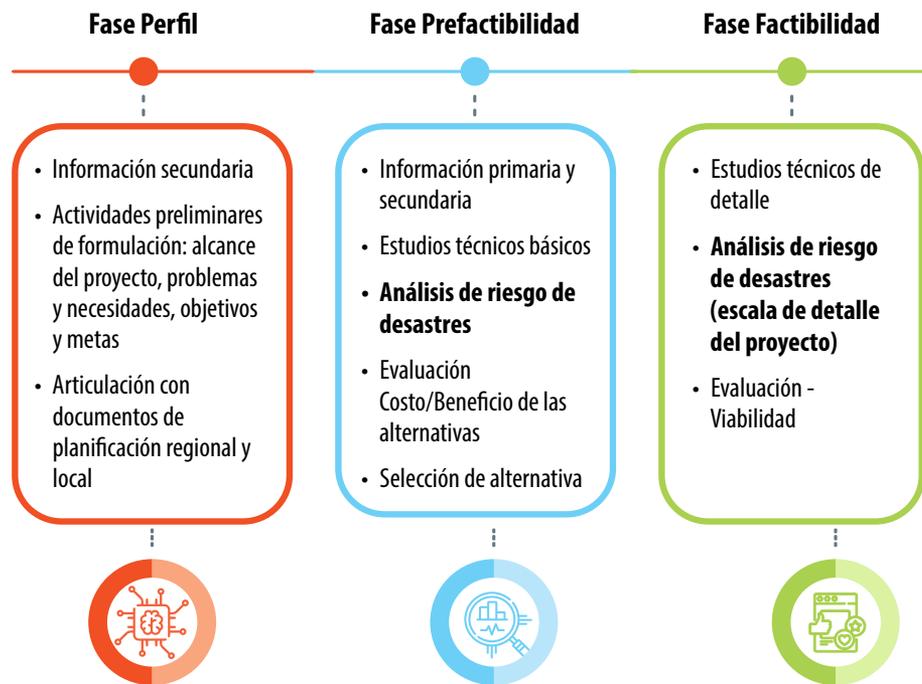
La evaluación de esta fase, establece la conclusión de la etapa de preinversión, ya sea porque demuestra resultados positivos que recomiendan avanzar a la siguiente etapa y programar su ejecución, o porque arroja resultados negativos que indican la conveniencia de rechazar o postergar la decisión de desarrollar el proyecto (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

En el sector de agua potable y saneamiento básico los proyectos de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, una vez son formulados y estructurados, se presentan para ser evaluados por un equipo de profesionales especialistas, el profesional que lidera el proceso de evaluación se denomina evaluador. Como resultado del

proceso de evaluación se emite un concepto sobre el proyecto, el cual puede ser viable, viable condicionado, favorable sin financiación, favorable condicionado, favorable para mitigación de riesgo o situaciones de desastre o no viable, a todo el procedimiento anterior se le denomina viabilización (ver la resolución de MinVivienda 0661 de 2019).

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 socionatural sobre los componentes de los sistemas para la alternativa seleccionada y sobre la cual se desarrollarán los estudios y diseños de detalle

Figura 2. Análisis de riesgo - Etapa de Preinversión



Fuente: Elaboración propia.

Etapas de inversión. Superada la etapa de preinversión, podrá continuar el ciclo de vida del proyecto y dar paso a las etapas de inversión y operación. Estas dos etapas se distinguen de las demás porque en ellas se ejecutan las actividades propias del proyecto y se produce la entrega de los bienes o servicios contemplados para atender las necesidades sociales que dieron origen al proyecto de inversión.

En la etapa de inversión se ejecutan todas las actividades que fueron planeadas para cumplir con el alcance y los objetivos propuestos en la formulación del proyecto, se inicia el reporte de información del avance físico y financiero, la generación de alertas para prevenir desviaciones y la implementación de acciones preventivas y correctivas frente a los retrasos y sobrecostos que se puedan presentar (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Etapas de operación. La etapa de operación comprende el período de tiempo en que el proyecto entra en funcionamiento y, por ende, se

generan los beneficios estimados en la población, según los objetivos establecidos.

Dentro del horizonte de evaluación del proyecto definido en la etapa de preinversión, es fundamental contemplar la sostenibilidad para la operación y el mantenimiento de los bienes o servicios entregados por el mismo, no solamente porque se desvirtúan los resultados obtenidos en el proceso de evaluación *ex ante* en la medida que no se incluyen los costos asociados con las actividades requeridas para cumplir con este propósito, sino porque se pone en riesgo el cierre financiero del proyecto y, por tanto, el cumplimiento de sus objetivos (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

En este contexto, en el análisis de riesgo de desastres de los proyectos se debe evaluar el nivel de riesgo del prestador de dichos servicios, ya que el mantenimiento de los sistemas (cuya responsabilidad es de los prestadores), se convierte en un factor de vulnerabilidad de los

componentes de los mismos (el análisis de vulnerabilidad de los prestadores se desarrollará en el capítulo 2 – paso 6).

Etapas de evaluación *ex post*. Aunque durante las etapas de inversión y operación se realiza el seguimiento a las metas definidas para el logro de los objetivos del proyecto, es en esta última etapa 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).

Así mismo, se deben considerar las medidas contingentes para tratar de mantener la operación durante situaciones de emergencia, para lo cual, se recomienda el análisis de los Planes de Emergencia y Contingencia elaborados por los prestadores.

1.2. Cadena de valor 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, 2017).

1.2.1. Servicio de acueducto.

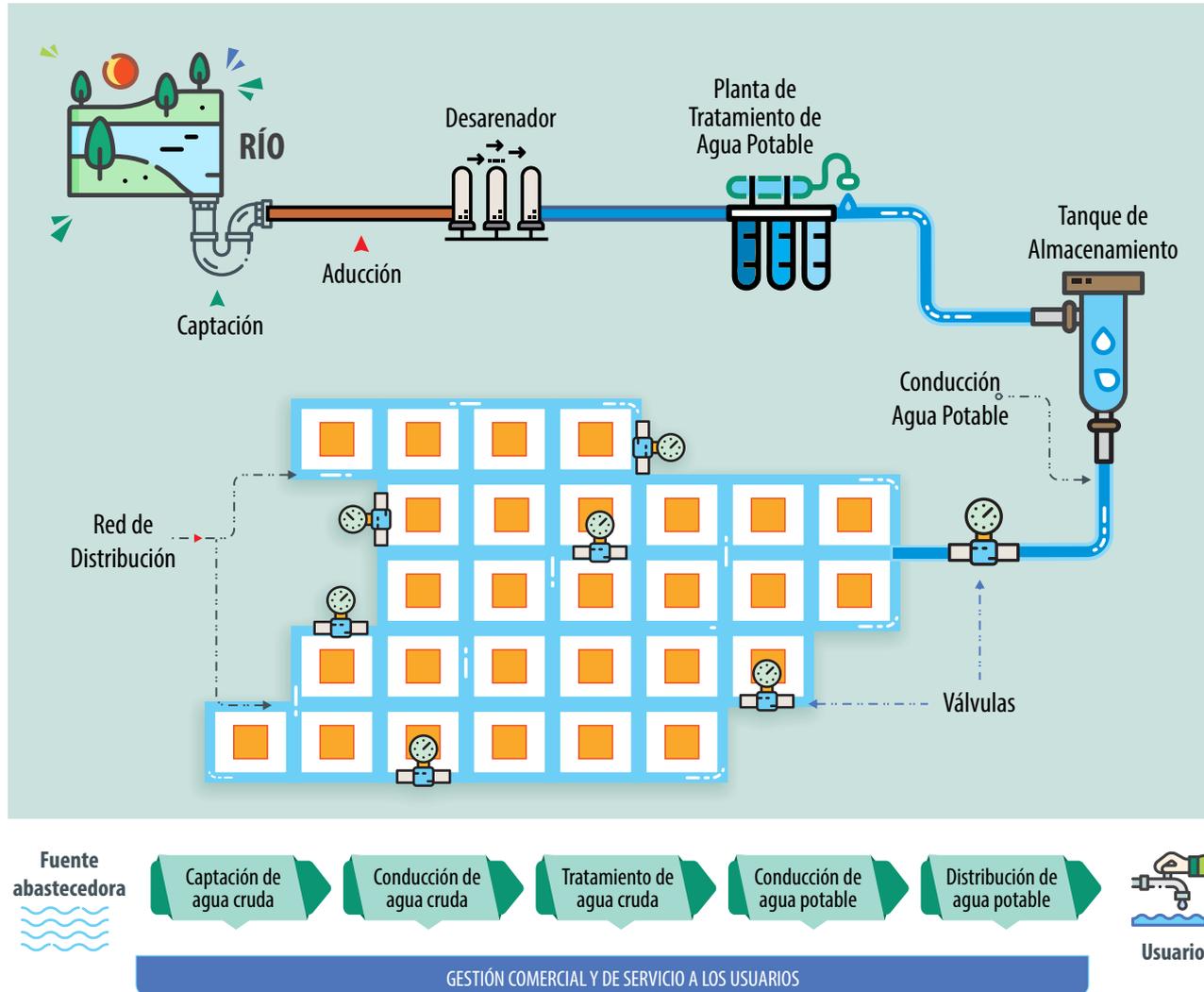
De acuerdo con el Decreto 1077 de 2015¹, el servicio público domiciliario de acueducto o servicio público domiciliario de agua potable es la distribución de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición. También forman parte de este servicio las actividades complementarias, tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte.

Los sistemas de acueducto incluyen un conjunto de elementos o infraestructura cuya finalidad es transportar agua cruda desde **la fuente de abastecimiento** ya sea superficial

(ríos, lagunas, embalses, mar) o subterránea (acuíferos), hasta el sitio de consumo, luego de transitar por un conjunto de estructuras hidráulicas, tuberías, tanques y unidades de proceso, que permitan garantizar la potabilización del líquido y el cumplimiento de parámetros para su consumo. Las condiciones del sistema pueden variar dependiendo de las especificaciones técnicas requeridas, condiciones del entorno, aspectos socioeconómicos y de la modelación financiera; en la siguiente figura se presentan los componentes de un sistema de acueducto tipo, que junto con actividades de soporte de índole comercial constituyen la cadena de valor del servicio de acueducto.

¹ Decreto 1077 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

Figura 3. Componentes generales de un sistema de acueducto



Fuente: Elaboración propia.

- » **Captación.** Se entiende por captación, el conjunto de estructuras necesarias para tomar el agua de una fuente de abastecimiento, esta puede ser, captación lateral, captación sumergida, captación flotante con elevación mecánica, captación móvil con elevación mecánica, captación de rejilla, captación en torre de toma o captación en muelle de toma; la estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto se conoce como bocatoma².
- » **Aducción.** Por su parte, la aducción es el componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión, hasta las unidades hidráulicas de pre o tratamiento, entre las cuales comúnmente se encuentran los desarenadores, estructuras destinadas a la remoción de las arenas y sólidos que están suspendidos en el agua mediante un proceso de sedimentación³.
- » **Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).** Es el conjunto de obras, equipos, y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad de agua potable⁴. Una vez el líquido es tratado, se almacena en tanques, los cuales son el depósito de agua en un sistema de acueducto y cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos picos, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas⁵.
- » **Estaciones de Bombeo.** Dependiendo de las condiciones técnicas, topográficas y de diseño, existen estructuras como las estaciones de bombeo destinadas a aumentar la presión del agua cruda o tratada con el objeto de impulsarla a estructuras o redes más elevadas.
- » **Red de Distribución.** Ya sea desde la PTAP o de los tanques de almacenamiento, el agua potable se transporta a flujo libre o a presión a través de la estruc-

tura de conducción, de la cual se alimenta la red matriz que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento, o tanques de compensación a las redes secundarias. La red matriz mantiene las presiones básicas del servicio para el funcionamiento adecuado de todo el sistema, y generalmente no reparte en ruta⁶. La red de distribución, red local o red secundaria de acueducto, es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde la red matriz o primaria hasta las acometidas domiciliarias del respectivo proyecto urbanístico. Uno de los accesorios de un sistema de acueducto son las válvulas, cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable.

1.2.2. Servicio de alcantarillado

El Decreto 1077 de 2015, define el servicio público domiciliario de alcantarillado como la recolección municipal de residuos, principalmente líquidos y/o aguas lluvias, por medio de tuberías y

2 Artículo 256, Título 7, Resolución 330 de 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

3 IBIDEM

4 IBIDEM

5 IBIDEM

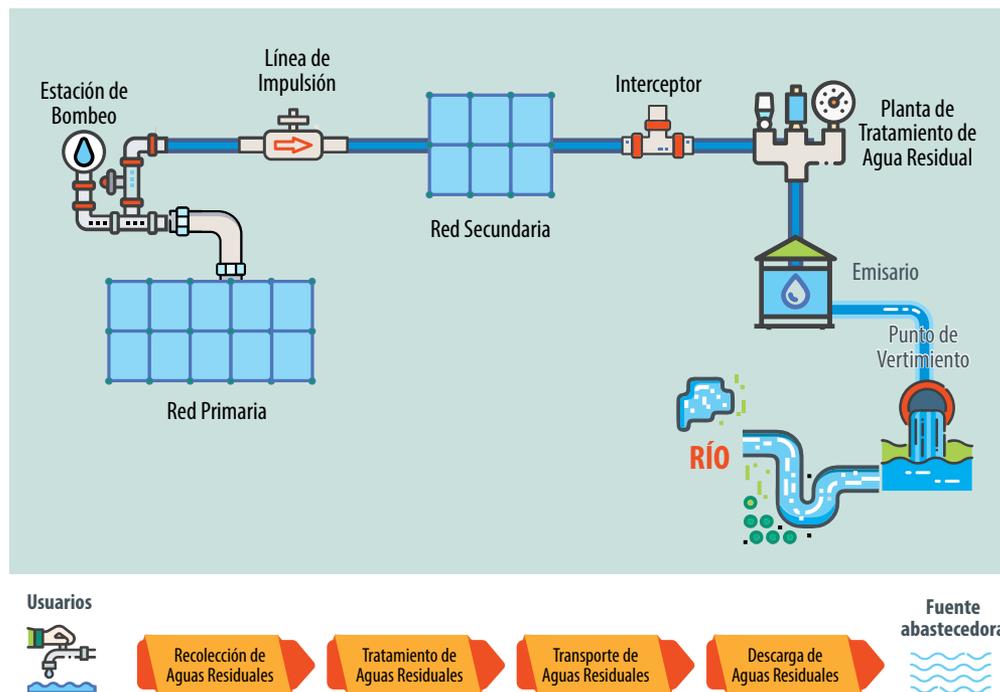
6 IBIDEM

conductos. Forman parte de este servicio las actividades complementarias de transporte, tratamiento y disposición final de tales residuos.

En este sentido, los **sistemas de alcantarillado sanitario** (aguas residuales), **pluvial** (aguas lluvias) o **combinado** (aguas residuales y lluvias), incorporan un conjunto de elementos o componentes que permiten recolectar y transportar aguas residuales o aguas lluvias, hasta el cuerpo de agua receptor, incorporando en este recorrido un conjunto de redes locales, conductos, colectores, interceptores y unidades de proceso (Sistemas de tratamiento de aguas residuales) que permitan garantizar que el líquido cumpla con los parámetros exigidos para su vertimiento al cuerpo de agua.

Estas condiciones pueden variar dependiendo, igualmente, de factores técnicos, condiciones del entorno, aspectos socio económicos y de la modelación financiera; en la siguiente figura se presentan los componentes de un sistema de alcantarillado tipo, que junto con actividades de soporte de índole comercial constituyen la cadena de valor del servicio de alcantarillado.

Figura 4. Componentes generales de un sistema de alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia.

Red secundaria o red local de alcantarillado (redes de recolección - colectores). Es el conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conforman el sistema de evacuación de las aguas lluvias, residuales o combinadas de una comunidad y al cual descargan las acometidas de alcantarillado de los

inmuebles y llega hasta la red matriz o primaria de alcantarillado⁷.

Red matriz o red primaria de alcantarillado (redes de transporte - interceptores). Es el conjunto de

⁷ Artículo 2.3.1.1.1. del Decreto 1077 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

tuberías, accesorios, estructuras y equipos que reciben el agua procedente de las redes secundarias o locales y las transporta hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales o hasta el sitio de su disposición⁸.

Estaciones de Bombeo. Dependiendo de las condiciones técnicas, topográficas y de diseño, existen estructuras como las estaciones de bombeo destinadas a aumentar la presión del agua residual con el objeto de impulsarla a estructuras o redes más elevadas.

Emisario final. Los emisarios son colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto⁹.

Planta o sistema de tratamiento de agua residual (PTAR). Es el conjunto de obras, instalaciones, procesos y operaciones para tratar las aguas residuales¹⁰.

1.3 Clasificación de las estructuras que conforman los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

Las estructuras que conforman los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar en los siguientes dos 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: aducción, conducción 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 (redes de recolección - colectores), red matriz o red primaria de alcantarillado (redes de transporte - interceptores) y emisario final.

- » 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 público domiciliario de acueducto (captaciones, plantas de tratamiento de agua potable, tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo de agua potable); y frente al servicio público domiciliario 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.

8 Artículo 256, Título 7, Resolución 330 de 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

9 Artículo 256, Título 7, Resolución 330 de 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

10 IBIDEM

2. METODOLOGÍA PARA INCORPORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO DE DESASTRES EN PROYECTOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



A partir de los conceptos revisados en el capítulo anterior, a continuación, proponemos la revisión de catorce (14) pasos secuenciales agrupados en los procesos: análisis de amenaza, análisis de vulnerabilidad y exposición, análisis de riesgo, valoración de riesgo, evaluación de riesgo, medidas de intervención y evaluación costo beneficio.

Se presenta el desarrollo secuencial de los procesos para incorporar el análisis y evaluación del riesgo en los proyectos de acueducto y alcantarillado. En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el procedimiento general para realizar el análisis y evaluación del riesgo.

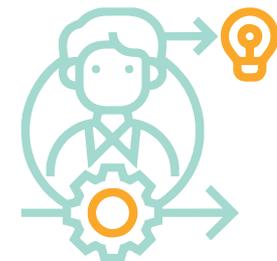
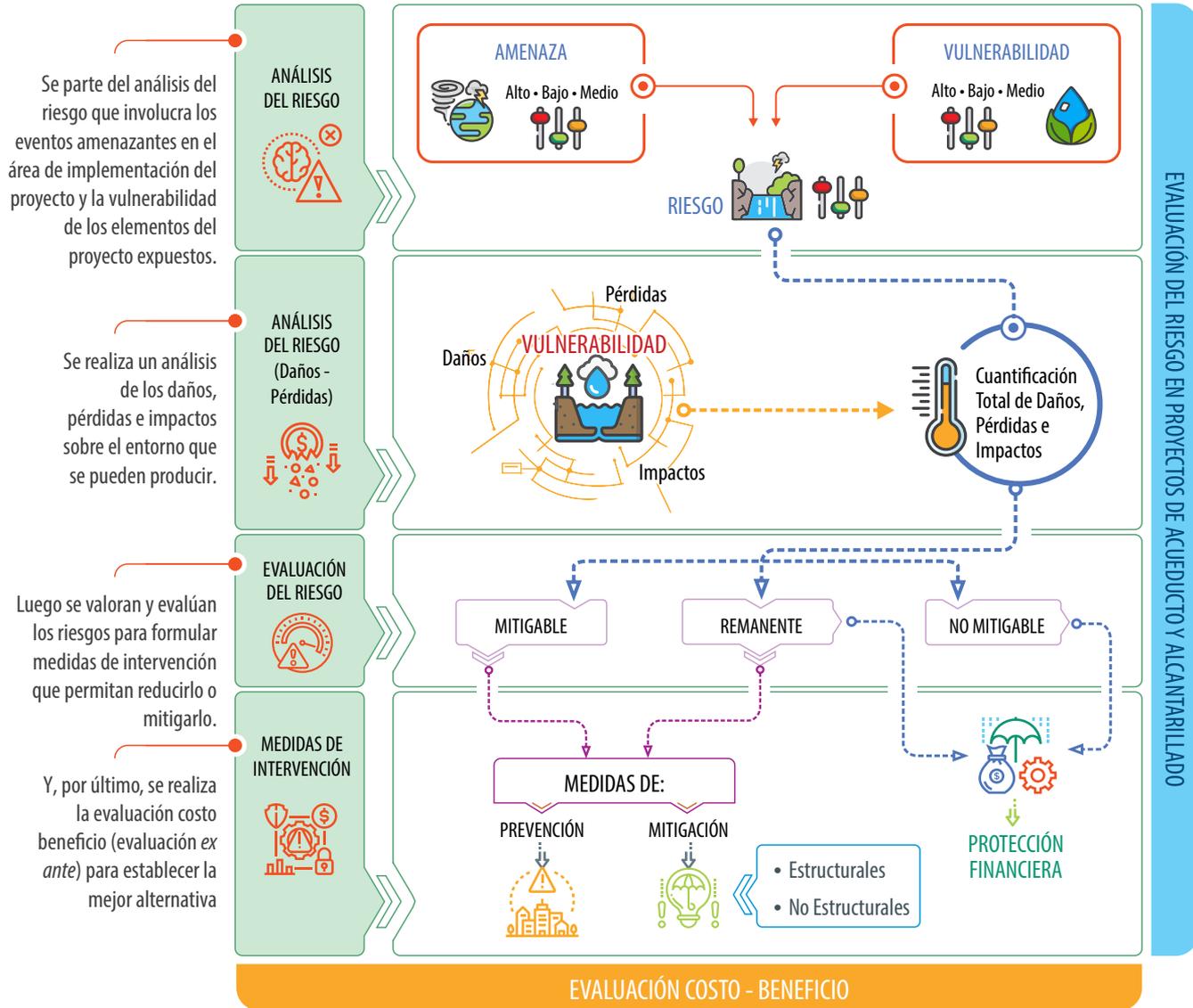


Figura 5. Procedimiento general para analizar y evaluar el riesgo.



Fuente: elaboración propia, a partir de (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

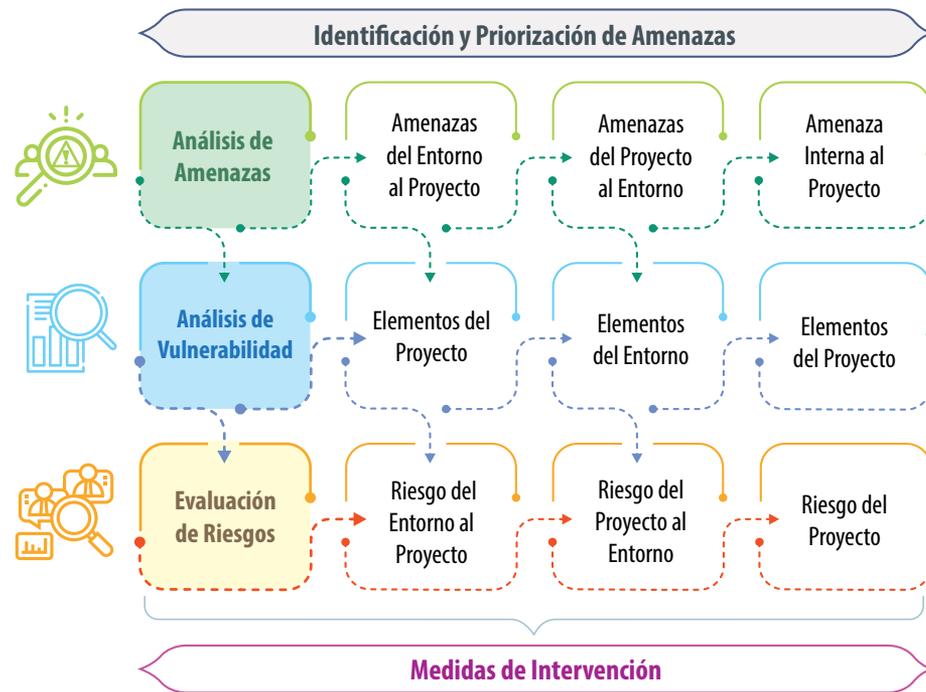


A TENER EN CUENTA

Elementos Técnicos necesarios para el Análisis de Riesgo de Desastres - Amenaza, Vulnerabilidad y Exposición.

» Teniendo presente que evaluar la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición se enmarca en el análisis de riesgo de un proyecto, su abordaje debe considerar tres (3) dimensiones: i) del entorno al proyecto, ii) del proyecto al entorno y iii) los riesgos internos del proyecto que afecten en forma significativa los elementos expuestos (La incorporación de estas tres dimensiones responde a los lineamientos dados por el Decreto 2157 de 2017, en relación con el proceso de conocimiento del riesgo, que busca identificar las condiciones del contexto externo e interno del proyecto para la toma de decisiones frente a la reducción del riesgo y/o al manejo de emergencias).

Figura 6. Dimensiones del análisis de riesgo en proyectos para los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.



Fuente: A partir de (DNP, MinAmbiente, MinHacienda, UNGRD y GIZ 2019).

- » El análisis de amenaza, vulnerabilidad y exposición para proyectos de infraestructura asociados a la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales debe considerar los dos grupos de estructuras. G1-trazado y G2-ubicación que se identifican en el RAS.
- » El análisis se debe enmarcar en las disposiciones definidas en el Decreto 1077 de 2015 en relación con la escala de trabajo, que para efectos del abordaje de la Fase II – Prefactibilidad o estudio básico y de la Fase III – Factibilidad o estudio detallado, establece las siguientes escalas de trabajo:

Tabla 1. Escalas de referencia para el análisis de riesgo en las fases de prefactibilidad y factibilidad

| Fase | Tipo de Estudio | Clase de Suelo | Escala |
|---------------------------|-------------------|------------------|----------|
| Fase II – Prefactibilidad | Estudio Básico | Urbano | 1:5.000 |
| | | Expansión Urbana | 1:5.000 |
| | | Rural | 1:25.000 |
| Fase III – Factibilidad | Estudio Detallado | Urbano | 1:2.000 |
| | | Expansión Urbana | 1:2.000 |
| | | Rural Suburbano | 1:5.000 |

Fuente: Adaptado del Decreto 1077 de 2015.

- » 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 (etapas de 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 y tratamiento de las aguas residuales. 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 (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

- » Para las iniciativas e intervenciones en proyectos de acueducto y alcantarillado (incluyendo el tratamiento de aguas residuales), es importante tener en cuenta el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR 10, en donde se consideran como líneas vitales, la infraestructura básica de redes, tubería o elementos conectados o continuos, que permite la movilización de energía eléctrica, aguas, combustibles, información y el transporte de personas y productos, esenciales para realizar con eficiencia y calidad las actividades de la sociedad.



RECUERDA

INCORPORACIÓN DE LA 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 de acuerdo con el Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades (DNP, 2018) el 88% de desastres que ocurren en Colombia son de origen hidrometeorológico, es decir, están asociados a inundaciones, sequías e incendios, movimientos en masa o avenidas torrenciales.

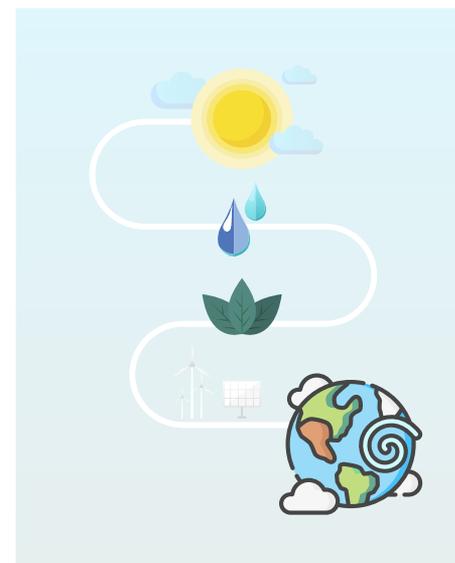
De acuerdo con (MinVivienda M. d., 2020), el cambio climático es una realidad que nos exige afrontar nuevos retos y aprovechar oportunidades. Para el sector de Agua potable y Saneamiento Básico, este nuevo panorama de clima cambiante ha traído implicaciones económicas, sociales y políticas que requieren de arreglos institucionales, normativos y de política pública que orienten y generen sinergias entre entidades del orden nacional y subnacional.

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 climático que puedan llegarse a presentar, toda vez que esto incidirá en la viabilización, cumplimiento de indicadores, cierre financiero y vida útil del proyecto. Para ello, es importante tener presente las definiciones oficiales a nivel nacional asociadas con cambio climático y variabilidad del clima.

Estos elementos son clave, puesto que, de acuerdo con el RAS, la infraestructura para la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado se deben proyectar a un horizonte mínimo de 25 años, lo que implica incorporar criterios tanto de variabilidad climática como de cambio climático dada la vida útil de los proyectos.

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 públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, 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.



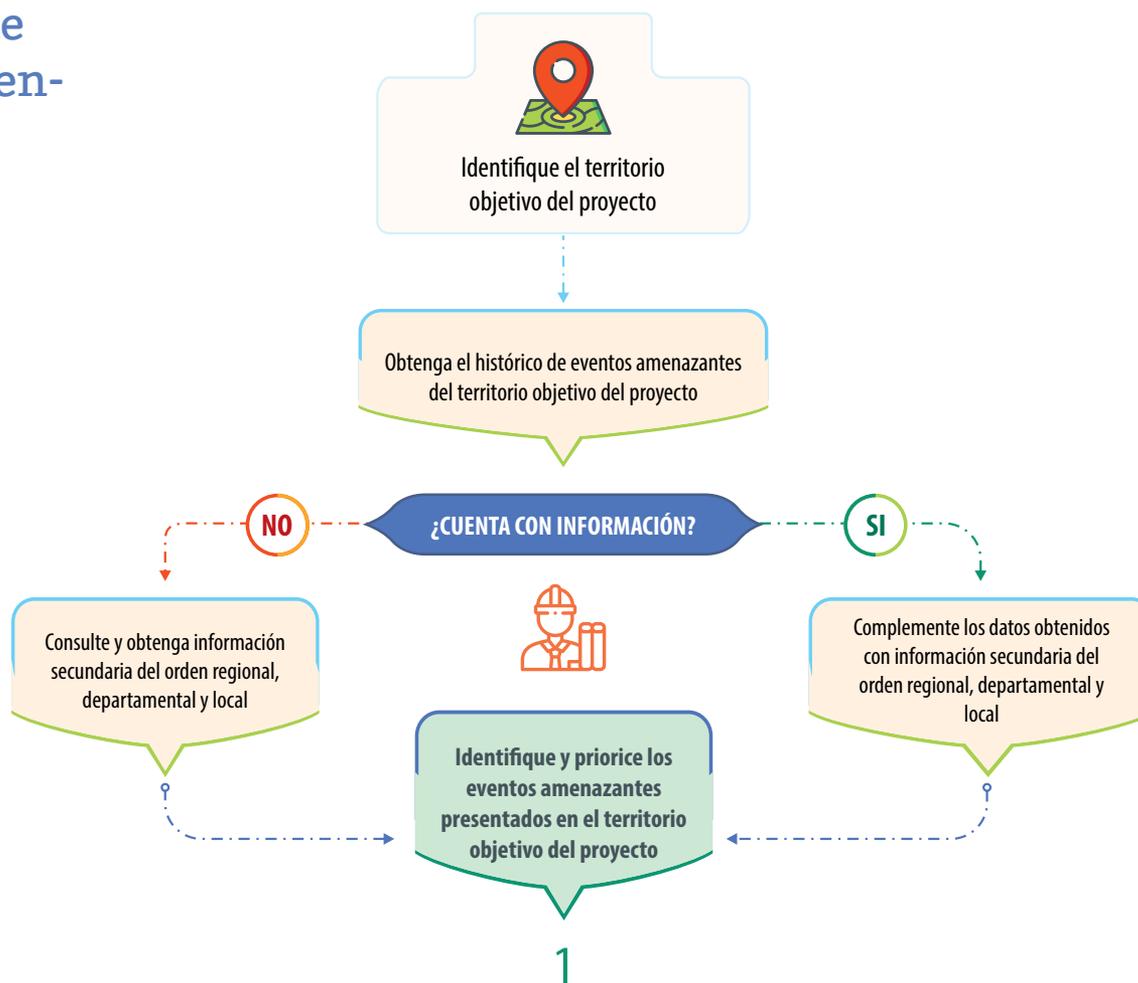


PASO 1

Caracterización de históricos y de eventos amenazantes

Actividades: Fase II - Prefactibilidad

Figura 7. Mapa de actividades para el paso 1



Fuente: Elaboración propia.

Actividad 1.1.

Identifique el territorio objetivo del proyecto

La identificación del territorio objetivo o área de interés del proyecto está asociada directamente con los resultados de la Fase I - Perfil del proyecto, en la cual, y de acuerdo con los contenidos del RAS, se refiere al desarrollo de las siguientes actividades.

Figura 8. Alcance de la Fase I - Perfil.



Fuente: Elaboración propia.

Si bien, el territorio objetivo definido para los proyectos de infraestructura de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales se circunscribe en el área de un municipio específico, es importante tener presente que existen proyectos cuyos componentes o infraestructura requiere ser ubicada en más de una entidad territorial, 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 o departamentales.

En este sentido, se recomienda el uso de cartografía oficial de la división político-administrativa de las entidades territoriales, la cual puede ser consultada en <http://sigotvg.igac.gov.co:8080/>, y puede ser cruzada con la información digital y georreferenciada obtenida en la Fase I - Perfil del proyecto. En este paso es clave contar con la cartografía oficial en formato digital del o los municipios donde se identifique el territorio objetivo del proyecto, el cual está relacionado con la futura ubicación de la infraestructura.

Actividad 1.2.

Obtenga 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).

En la actualidad existen diferentes plataformas de información asociada con la ocurrencia de desastres a nivel mundial que incluyen datos de Colombia, a nivel nacional, el Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres administrado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), ofrece información histórica desde 1998 de los eventos reportados que han desencadenado desastres, en donde se encuentra información que identifica afectaciones a la infraestructura de acueducto y alcantarillado. Esta data abierta puede consultarse en <http://gestiondelriesgo.gov.co>.

Igualmente se cuenta con la data del Sistema de Inventario de efectos de desastres, Desinventar de la Red de

Estudios con eventos ocurridos en el país y que puede ser consultada en <https://www.desinventar.org/es/database>.

En el siguiente hipervínculo <https://www/DNP/cajadeherramientas/acueductoyalcantarillado/producto2>, se presenta el análisis de los datos integrados en la data de la UNGRD y Desinventar; el cual incorpora la información de eventos ocurridos desde al año 1998, que aporta información valiosa frente a la identificación multitemporal de eventos ocurridos por áreas hidrográficas, departamentos y municipios, discriminando la información propia reportada para municipios de categorías 4, 5 y 6.

Igualmente, en este hipervínculo, se aloja el análisis del histórico de eventos a partir de la información obtenida del Sistema Único de Información (SUI), el cual es administrado y operado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -Superservicios; en esta plataforma se presentan los reportes realizados por las empresas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado relacionados con los eventos que han afectado la

infraestructura y la prestación de los servicios para el periodo 2009 al 2020 dando cumplimiento a lo dispuesto en la Resolución 20161300062185 del 2016¹¹ expedida por la Superservicios.

De manera complementaria, a nivel nacional se cuenta con bases de datos de eventos históricos proporcionadas por el Servicio Geológico Colombiano compilados en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) (<http://simma.sgc.gov.co/#/public/results/>) y el Catálogo Sísmico Integrado (CSI) (<http://catalogosismico.sgc.gov.co/mapa.html>), igualmente se pueden consultar los reportes de contingencias asociadas a proyectos con licenciamiento ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) (<http://vital.minambiente.gov.co/>).

¹¹ Resolución 20161300062185 del 2016, Por la cual se solicita la actualización y reporte de los Planes de Emergencia y Contingencia de los prestadores de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, y señalan la forma, formularios y formatos para el reporte de dichos planes a través del Sistema Único de Información-SUI.

Actividad 1.3.

Identifique los eventos amenazantes presentes en el territorio objetivo del proyecto

Con la información obtenida del histórico de eventos amenazantes que se han presentado en el territorio objetivo del proyecto, identifique atributos de frecuencia o recurrencia (número de veces que ha ocurrido un evento o fenómeno amenazante en intervalos de tiempo), Intensidad (severidad del fenómeno amenazante medido en número de muertes, territorio afectado, afectaciones a recursos naturales, medio de producción e infraestructura, suspensión en la prestación de servicios básicos, entre otros) y territorio afectado (porcentaje del territorio afectado), permiten espacializar y categorizar cada amenaza en alta, media o baja, tal y como se plantea en el siguiente algoritmo. Para el diligenciamiento de estos datos se sugiere utilizar las siguientes tablas:

Tabla 2. Caracterización de histórico de eventos (acueducto o alcantarillado)¹²

| Tipo de evento | Fecha de ocurrencia | Componentes afectados (acueducto/alcantarillado) | Ubicación en el territorio | Fuente de información |
|---------------------|---------------------|--|----------------------------|-----------------------|
| Avenida torrencial | | | | |
| Sequía | | | | |
| Inundación | | | | |
| Movimientos en masa | | | | |
| (...) | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

¹² 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.

Tabla 3. Caracterización de la recurrencia de los eventos amenazantes identificados

| Tipo de evento | Recurrencia entre los últimos 20 y 10 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 eventos | Calificación (r) |
|---------------------|--|---|---|------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Avenida torrencial | | | | | | | |
| Sequía | | | | | | | |
| Inundación | | | | | | | |
| Movimientos en masa | | | | | | | |
| (...) | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Recurrencia: Número de veces que ha ocurrido un evento o fenómeno amenazante en intervalos de tiempo.

Calificación(r): Califique cuantitativamente (Ej. 1, 3, 5; siendo 5 la recurrencia más alta, tomando como

referencia el % de recurrencia sobre el total de eventos

Total de eventos: Sumatoria del total de eventos, evite repetir el número de eventos identificados en los intervalos de tiempo. Ver tabla 4

Intensidad: severidad del evento, se toma como ejemplo el número de muertes.

Calificación(i): Califique cuantitativamente (Ej. 1, 3, 5; siendo 5 la intensidad más alta, tomando como ejemplo el % de recurrencia sobre el total de muertes o el atributo que considere o la suma de los mismos.

Tabla 4. Caracterización de la intensidad de los eventos amenazantes identificados

| Tipo de evento | Número de muertes | % intensidad sobre el total de muertes | Calificación (i) |
|---------------------|-------------------|--|------------------|
| Avenida torrencial | | | |
| Sequía | | | |
| Inundación | | | |
| Movimientos en masa | | | |
| (...) | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Total de muertes: Sumatoria del total de muertes relacionadas con los eventos identificados. Ver tabla 5

Tabla 5. Caracterización del territorio afectado de los eventos amenazantes identificados

| Tipo de evento | Área afectada (Ha) | % del territorio afectado sobre el total área | Calificación (t) |
|---------------------|--------------------|---|------------------|
| Avenida torrencial | | | |
| Sequía | | | |
| Inundación | | | |
| Movimientos en masa | | | |
| (...) | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Territorio afectado: Área afectada por el evento amenazante.

Calificación(t): Califíquese cuantitativamente (Ej. 1, 3, 5; siendo 5 la afectación más alta, tomando como referencia el % del territorio sobre el total de área afectada.

Total de área afectada: Sumatoria del total de área afectada relacionada con los eventos identificados.

Tabla 6. Caracterización del territorio afectado de los eventos amenazantes identificados

| Tipo de evento | Calificación (r) | Calificación (i) | Calificación (t) | Sumatoria Calificación (r+i+t) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| Avenida torrencial | | | | |
| Sequía | | | | |
| Inundación | | | | |
| Movimientos en masa | | | | |
| (...) | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Calificación (r+i+t): Obtenga la sumatoria de calificación y priorice de mayor a menor.

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 los Consejos Territoriales de Gestión del Riesgo de Desastres (departamentales, distritales o municipales), 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 (MinAmbiente, 2014), estas actividades son fundamentales realizarlas en caso de no contar con información de histórico de eventos.

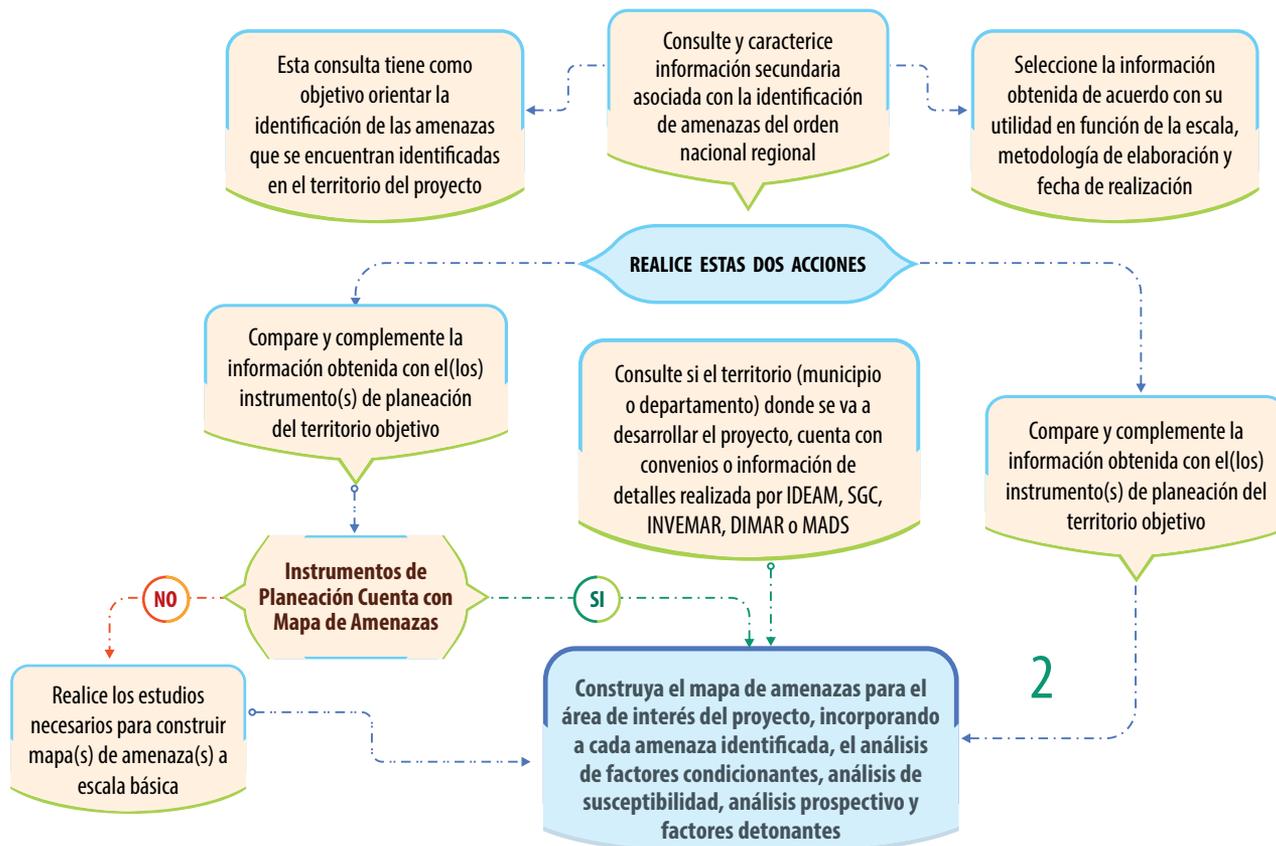


PASO 2

Identificación de amenazas

Fase II - Prefactibilidad

Figura 9. Mapa de actividades para el paso 2



Actividad 2.1.

Consulte y caracterice información secundaria asociada con la identificación de amenazas del orden nacional o regional

Una vez identificada la información del histórico de eventos amenazantes o que generaron algún desastre en el territorio objetivo del proyecto o en su área de influencia, 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 nacional cuyas fuentes se presentan en el anexo 2 – Referencias Cartográficas, del capítulo 2 Metodología para evaluar los riesgos (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019). Esta información será clasificada y seleccionada en función de los siguientes atributos:

Tabla 7. Caracterización de la información nacional

| Documento, data, informe, estudio | Amenaza asociada | Método de análisis | Fecha de elaboración | Escala |
|-----------------------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| (...) | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Actividad 2.2.

Compare y complemente la información obtenida con el(los) instrumento(s) de planeación del territorio objetivo

Teniendo ubicado el territorio objetivo o área de interés del proyecto a nivel de Fase II - Prefactibilidad, en la cual se cuenta con las alternativas de la infraestructura requerida en el proyecto G1 y/o G2 y su posible ubicación; es necesario a partir de

la información del histórico de eventos (Actividad 1.3.) y de la información secundaria caracterizada (Actividad 2.1.), realizar la comparación de esta información con la que reposa en el instrumento de planeación del territorio ya sea, en el Plan de Ordenamiento Territorial, Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial para la escala municipal o el Plan de Ordenamiento Departamental, en lo referente a la identificación de zonas en condición de amenaza.

Adicional a lo anterior, se debe consultar el contenido de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, puesto que en estos instrumentos se incorporan contenidos asociados a la evaluación de amenazas por distintos fenómenos.

De esta revisión es clave contar con los documentos de soporte de estos instrumentos, así como de la cartografía, en lo posible en medio digital georreferenciada, de tal manera que permita comparar y complementar la información obtenida en los puntos anteriores y poder identificar aquellos contenidos asociados de manera directa con el área de interés del proyecto.

Actividad 2.3.

Compare y complemente la información obtenida con el(los) instrumento(s) de gestión del riesgo del territorio objetivo

En línea con la actividad anterior, otra fuente que debe ser consultada con el fin de fortalecer el conocimiento de la dimensión de amenaza del territorio objetivo o área de interés, son los planes departamentales, distritales o municipales de gestión del riesgo y estrategias de respuesta a emergencias definidos por la Ley 1523 de 2012.

Igualmente, deben ser consultados los planes de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas, entre ellas, las empresas prestadoras de servicios públicos y ejecutores de proyectos de infraestructura de otros sectores como el vial, esto, en virtud del cumplimiento del Decreto 2157 de 2017.

Esta información se sumaría a la obtenida en las actividades anteriores, recordando en todo caso, recopilar los documentos de soporte de estos instrumentos, así como de la cartografía, en lo posible en medio digital georreferenciada, de tal manera

que permita comparar y complementar la información obtenida en los puntos anteriores y poder identificar aquellos contenidos asociados de manera directa con el área de interés del proyecto.

Actividad 2.4.

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

Previo al inicio de la construcción de los mapas de amenazas, consulte si el territorio (municipio o departamento) donde se va a desarrollar el proyecto, cuenta con convenios o información a escala detallada realizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Servicio Geológico Colombiano - SGC, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés - INVEMAR, Dirección General Marítima - DIMAR, autoridades ambientales competentes o Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

- MinAmbiente; si la respuesta es afirmativa, incluya en el análisis la información cartográfica suministrada por dichas entidades.

Caracterizada la información recabada del Paso 1 y de las actividades 2.1 al 2.4 del paso 2 y conociendo el área de interés junto con la ubicación de la infraestructura requerida para cada una de las alternativas identificadas del proyecto, proceda a construir para cada amenaza identificada la respectiva cartografía a escala 1:5.000 para la infraestructura G1-trazado y/o G2-ubicación que pretenda ubicar en suelo urbano o de expansión y 1:25.000 para el suelo rural. Recuerde que la cartografía en formato digital oficial del o los municipios donde se identifique el territorio objetivo del proyecto, fue obtenida en la actividad 1.1. y que puede ser objeto de complementación en las consultas realizadas en las actividades posteriores.

- **Nota 1:** Las escalas definidas en esta actividad deben ser tomadas como referencia y dependerán del criterio del diseñador y de las condiciones particulares del proyecto.

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 (ver contenidos para la Fase III - Factibilidad definidos en el paso 3A, teniendo presente la escala de trabajo sugerida para la Fase II - Prefactibilidad).



PASO 3

Priorización de amenazas

Fase II - Prefactibilidad

Figura 10. Mapa de actividades para el paso 3



Priorice las amenazas de acuerdo con la infraestructura identificada (G1 – G2) del proyecto en sus diferentes alternativas

3

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 3.1.

Priorice las amenazas de acuerdo con la infraestructura identificada (G1- G2) del proyecto en sus diferentes alternativas

De acuerdo con los mapas de amenazas obtenidos, priorice aquellas amenazas que, de acuerdo con la infraestructura proyectada a nivel de alternativas de la Fase II - Prefactibilidad, puedan generar mayor impacto, ya sea por las obras que se requerirían adelantar en el entorno o por las condiciones técnicas que deberían ser incorporadas, ya sea en los trazados de la tubería G1 o en las obras del G2. En este paso se deberán relacionar las metodologías implementadas para la obtención de los mapas de amenazas a las escalas definidas para la fase de prefactibilidad; para mayor orientación se recomienda revisar los contenidos en la actividad 3A.11.

La priorización dependerá del criterio del formulador, de las características propias del proyecto y de los resultados de la implementación de las metodologías de análisis de amenaza realizadas.



A TENER EN CUENTA

Análisis de Amenaza y Vulnerabilidad para Proyectos en Fase de Factibilidad (Fase III)

Como se ha detallado, la etapa de pre inversión de un proyecto integra un conjunto de fases las cuales van escalando el nivel de detalle a medida que el equipo encargado de la formulación y estructuración va incorporando variables en procura de resolver o atender la necesidad identificada, de tal manera y luego haber surtido las Fases I - Perfil y II - Prefactibilidad, se entiende que el proyecto al llegar a la Fase III - factibilidad, cuenta con un nivel de maduración y análisis aceptable para profundizar los estudios adelantados previamente.

Por tanto, para la Fase III - Factibilidad se deben incorporar conceptos que fortalezcan los contenidos definidos en las anteriores fases e incluir un mayor nivel de detalle, en el abordaje del análisis de amenaza y vulnerabilidad para la alternativa seleccionada, la cual ha sido producto de la implementación de matrices multicriterio realizadas en la fase II - prefactibilidad, en las cuales

y de acuerdo con el RAS, se incorporaron como mínimo criterios de sostenibilidad económica, sostenibilidad técnica, sostenibilidad ambiental, sostenibilidad social y gestión del riesgo.

Lo anterior, puntualizando que, en esta instancia del proyecto frente a los criterios de gestión del riesgo de desastre, se cuenta con información a una escala que ha permitido incorporar el análisis de amenaza y vulnerabilidad en la selección de la mejor alternativa y de manera especial en las variables de costos de inversión, operación y mantenimiento, lo que redundará sin lugar a dudas en la identificación preliminar de la necesidad y en la evaluación de medidas para reducir el riesgo de desastre en las etapas posteriores del proyecto frente a la alternativa seleccionada.

Todo ello, teniendo presente que el análisis del riesgo realizado hasta la Fase II - Prefactibilidad ya sea de un proyecto nuevo, de ampliación, optimización o reparación, ha tenido como propósito en primera instancia, garantizar en los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, el funcionamiento y resiliencia de la infraestructura, así como la calidad y continuidad en la prestación, dada

su connotación de estructuras y redes vitales para satisfacer las necesidades básicas de la población, aun, ante la presencia de un evento. Y en segunda instancia prevenir o mitigar: sobrecostos en las etapas de inversión, operación y mantenimiento; fallas en los diseños, afectaciones al entorno incluida la comunidad, reclamaciones, así como pérdidas humanas, ambientales o monetarias.



A TENER EN CUENTA

Análisis de Amenaza - Énfasis Proyectos Fase III - Factibilidad

El análisis de amenaza(s) en la Fase III - Factibilidad implica un mayor nivel de detalle que el realizado en la Fase II - Prefactibilidad para las alternativas identificadas; puesto que las principales diferencias radican en dos elementos, el primero que el análisis se focaliza sobre la alternativa seleccionada para el diseño de detalle y el segundo que de acuerdo con la disposiciones definidas en el artículo 2.2.2.1.3.1.5 del Decreto 1077 de 2015 en relación con la escala de trabajo, para la realización de estudios

detallados o fase de factibilidad, se debe considerar 1:2.000 para proyectos en suelo urbano o de expansión urbana y 1:5.000 para suelo rural-suburbano. Estas escalas pueden ser de mayor detalle dependiendo las necesidades del equipo formulador o del diseñador.

• • **Nota 2:** Las escalas definidas en esta actividad deben ser tomadas como referencia y dependerán del criterio del diseñador y de las condiciones particulares del proyecto. Para el análisis de amenazas asociadas con fenómenos de remoción en masa, avenidas torrenciales, sequía o inundaciones, las escalas pueden ser a un mayor nivel de detalle producto de la ejecución de actividades de levantamientos topográficos, batimetrías, entre otras. Para el caso de fenómenos, por ejemplo, de actividad volcánica y sísmica, la escala de referencia será la disponible o la específica que requiera el diseñador o la que defina los lineamientos normativos vigentes.

Estos elementos, deben ser considerados de acuerdo con los contenidos del RAS, en el diseño de la alternativa seleccionada de los sistemas, ya sea por las entidades territoriales, las personas prestadoras de servicios públicos u otros actores que promuevan inversiones en infraestructuras de acueducto, alcantarillado y/o tratamiento de aguas residuales. Dichas consideraciones se deben incorporar en los criterios de diseño definidos, así como en el procedimiento general establecido en el artículo 22 del RAS, el cual define los siguientes pasos:

Tabla 8. Procedimiento para la elaboración de diseños detallados

| | |
|----------------|---|
| Paso 1 | Definición y localización de cada uno de los componentes del proyecto a diseñar |
| Paso 2 | Reconocimiento de campo, investigación predial inicial |
| Paso 3 | Levantamientos topográficos |
| Paso 4 | Investigación de suelos y geotecnia |
| Paso 5 | Selección de alternativas |
| Paso 6 | Diseño geométrico y análisis de interferencias |
| Paso 7 | Diseño hidráulico |
| Paso 8 | Diseño geotécnico |
| Paso 9 | Diseño estructural |
| Paso 10 | Obras complementarias |
| Paso 11 | Definición de especificaciones técnicas de construcción |
| Paso 12 | Fichas de adquisición predial y declaratoria de utilidad pública |
| Paso 13 | Permisos, licencias y autorizaciones |
| Paso 14 | Determinación del presupuesto y cronograma de obras |

Fuente: Elaboración propia a partir del RAS.

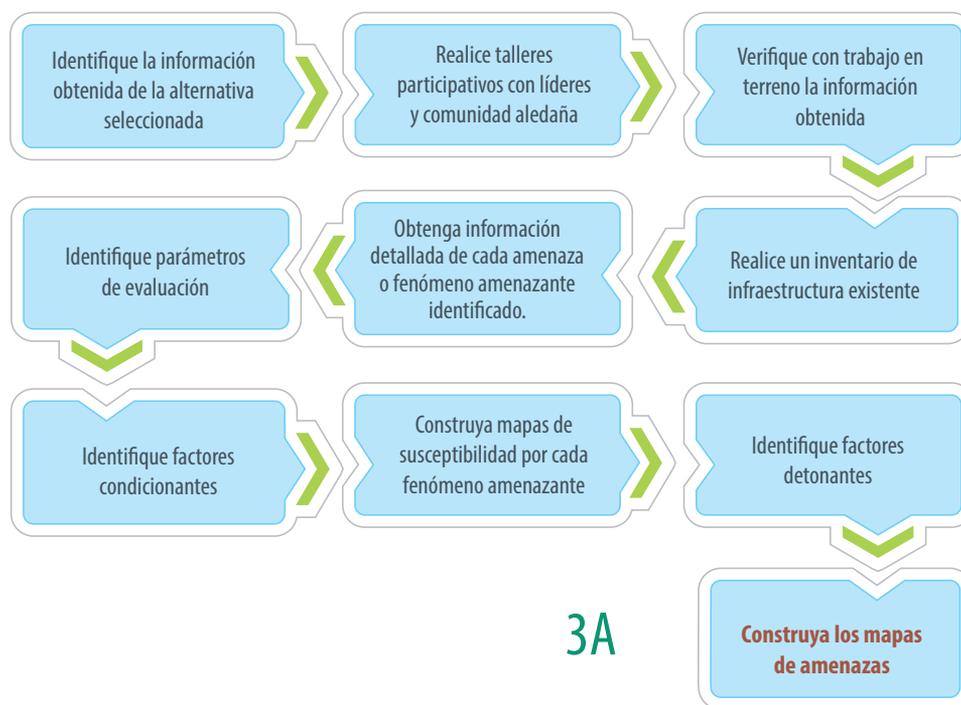


PASO 3A

Identificación de amenazas (Información detallada)

Actividades: Fase III - Factibilidad

Figura 11. Mapa de actividades para el paso 3A



Fuente: Elaboración propia.

Actividad 3A.1.

Identifique la información obtenida de la alternativa seleccionada

Producto de la selección de la alternativa a partir de la implementación de matrices multicriterio realizadas en la Fase II – Prefactibilidad, las cuales incorporaron entre otros, criterios de gestión del riesgo asociados con el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; identifique y relacione las amenazas que fueron incluidas en los estudios y diseños básicos de la alternativa seleccionada por componente.

Actividad 3A.2.

Realice talleres participativos con líderes y comunidad aledaña

Identifique las organizaciones sociales y líderes presentes en el área de interés del proyecto, tanto para la infraestructura G1-trazado como G2-ubicación contempladas en el proyecto, esto, con el fin de obtener información detallada de las amenazas identificadas o eventos que se hayan presentado en el trazado de la alternativa seleccionada.

Actividad 3A.3.

Verifique con trabajo en terreno la información obtenida

Teniendo en cuenta la escala definida para la Fase III Factibilidad, el trazado o ubicación de infraestructura de la alternativa seleccionada, su área de interés, los mapas de amenazas obtenidos en la Fase II - Prefactibilidad, la información obtenida con líderes y comunidad aledaña (Paso 3A.2), y a criterio del equipo de profesionales involucrado en la formulación y estructuración del proyecto, realice trabajos en terreno que permitan obtener un inventario de amenazas identificadas en fase II, considerando entre otros, los siguientes aspectos:

Tabla 9. Aspectos a considerar para trabajos en terreno

| Fenómenos amenazantes/amenazas | Aspectos a incorporar para trabajo en terreno |
|--|--|
| Fenómenos hidrometeorológicos (Inundaciones lentas, flujos o avenidas torrenciales, movimiento en masa 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 (movimientos en masa) | Vegetación, cobertura vegetal, características de taludes, laderas, inventario de movimientos, topografía, drenajes relieve, criterios geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, cambios en el uso del suelo, entre otros aspectos. |
| Fenómenos sísmicos | Tipo de suelos, fallas, relieve, depósitos de material (suelo, roca, entre otros), entre otras. |
| Fenómenos volcánicos | Señales de eventos pasados documentados o informados, evidencias por caída de ceniza o fragmentos de roca, entre otras. |

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información tomada en terreno, verifique la categorización (alta, media, baja) realizada de cada amenaza en la Fase II - Prefactibilidad para la alternativa seleccionada.

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

Actividad 3A.4.

Realice un inventario de infraestructura existente

Tomando como referencia la información que reposa en los instrumentos de planeación (Plan de Ordenamiento Territorial, Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial para la escala municipal, el Plan de Ordenamiento Departamental y/o el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas) en relación con la infraestructura (vías, otras redes o componentes asociados a la prestación de servicios públicos, viviendas, establecimientos de salud, establecimientos educativos, entre otra infraestructura); y la tomada en terreno, realice la cartografía en medio

digital que permita el uso de sistemas de información geográfica a la escala mínima requerida para la Fase III - Factibilidad, dependiendo de la clase de suelo (Urbano, expansión urbana, rural o rural suburbano) de la ubicación y trazado, donde se identifique el inventario de infraestructura presente en el área de interés del proyecto. Este inventario aportará información en el análisis de vulnerabilidad del proyecto al entorno.

Actividad 3A.5.

Obtenga información detallada de cada amenaza o fenómeno amenazante identificado

Si bien, para estas instancias, se cuenta con información recabada en la Fase II - 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 10. 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) | <ul style="list-style-type: none"> • 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 (y el deshielo) 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. | <ul style="list-style-type: none"> • 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 |
|---|---|---|
| <p>Tormentas de viento (incluidos huracanes, ciclones tropicales y tornados)</p> | <ul style="list-style-type: none"> 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. | <ul style="list-style-type: none"> 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). |
| <p>Sequía (meteorológica e hidrológica)</p> | <ul style="list-style-type: none"> 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). | <ul style="list-style-type: none"> 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. |
| <p>Sismos</p> | <ul style="list-style-type: none"> 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. 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. | <ul style="list-style-type: none"> 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, datos de aceleración). Mapas y estudios geológicos y geomorfológicos (véase también deslizamientos de tierras). Datos sobre ocurrencia, localización, características (magnitud, intensidad, etc.) y efectos de anteriores terremotos. Cálculos de aceleraciones máximas del suelo. |

| Amenaza o fenómeno amenazante | Información requerida por el equipo formulador y estructurador del proyecto | Tipos de datos/métodos para su obtención |
|-------------------------------|--|---|
| Actividad Volcánica | <ul style="list-style-type: none"> 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. | <ul style="list-style-type: none"> 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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). Detonantes: sismicidad, precipitaciones. Vegetación y uso de la tierra (incluidas actividades de construcción, terraplenes, montículos hechos por el hombre, fosas de residuos, escombreras, etc.). | <ul style="list-style-type: none"> Determinación de la localización y la extensión de anteriores movimientos (inventario 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 lluvias, sismos, 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).

Actividad 3A.7.

Identifique 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 11. Elementos técnicos a 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). |
| 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. |

| Amenaza o fenómeno amenazante | Parámetros de evaluación | Contenido técnico orientador |
|-------------------------------|-----------------------------|---|
| 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. |
| 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 periodo 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. Periodo 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. |

Actividad 3A.8.

Identifique 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, 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 o alcantarillado, 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 12. Elementos técnicos a considerar en la identificación de factores condicionantes

| Factor Condicionante | Producto a 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. |
| 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: Elaboración propia.

Recuerde que la cartografía para cada factor condicionante, se debe realizar respetando la escala definida para la Fase III - Factibilidad, es decir, 1:2.000 para proyectos en suelo urbano o de expansión urbana y 1:5.000 para suelo rural-suburbano. 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 herramientas de información geográfica; ver nota 2.

Actividad 3A.9.

Construya mapas de susceptibilidad por cada fenómeno amenazante

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 la actividad 3A.8 (factores condicionantes), en la cual se debe incorporar y cruzar toda la información

recabada en los pasos 3A.1 al 3A.7, de tal manera que se obtenga una delimitación de áreas o polígonos representados en tres categorías de susceptibilidad, alta, media o baja, según los datos obtenidos y a criterio del equipo estructurador y formulador.

La cartografía para cada susceptibilidad, se debe realizar tomando como referencia la escala definida para la Fase III – Factibilidad (ver nota 2), es decir, 1:2.000 para proyectos en suelo urbano o de expansión urbana y 1:5.000 para suelo rural-suburbano. Estas escalas pueden ser de mayor detalle dependiendo las necesidades del equipo formulador y estructurador; en todo caso la cartografía se debe realizar en medio digital que permita el uso de sistemas de información geográfica.

Actividad 3A.10.

Identifique 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 13. Factores detonantes de acuerdo a su origen

| Origen | Factores detonantes |
|---------------------|--|
| 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, etc. |

Fuente: Adaptada de (CENEPRED, 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 hidrometeorológico, 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 14. Factores detonantes y su posible relación con fenómenos amenazantes

| Amenaza o fenómeno amenazante | Factor(es) Detonantes |
|-------------------------------|--|
| Movimiento en masa | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Precipitaciones: Saturación de la cuenca • Actividad antrópica: Cambios en los usos del suelo, alteración del curso y sección de los cauces, alteración de las áreas de amortiguamiento. • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de precipitación |
| Avenidas torrenciales | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de temperatura |
| Incendios forestales | <ul style="list-style-type: none"> • Fenómenos de variabilidad climática: Aumento de temperatura • Actividad antrópica • Tipo de vegetación |

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 3A.11.

Construya los mapas de amenazas

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 y 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 Fase III de Factibilidad, teniendo en cuenta que su abordaje estará en función de la información existente; en la siguiente tabla se identifican algunos de ellos.

Tabla 15. Metodologías y documentos orientadores para el análisis de amenazas

| Amenaza a ser analizada | Método/documentos orientadores |
|-------------------------|--|
| Movimientos en masa | <ul style="list-style-type: none"> Métodos analíticos de equilibrio límite o relaciones esfuerzo – deformación. MinMinas, Ministerio de Minas, Servicio Geológico Colombiano, (2016). Guía metodológica para estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimiento en masa (Servicio Geológico Colombiano). MinAmbiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Anexo B, Gestión del riesgo, Guía Técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (hoy Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático – IDIGER). Resolución 227 de 2006 “Por la cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para proyectos urbanísticos y de construcción de edificaciones en Bogotá D.C.” y sus modificaciones. |
| Inundaciones | <ul style="list-style-type: none"> Modelamiento hidráulico - modelos matemáticos 1D y 2D como: HEC RAS, LISFLOOD 2D, DELF-FLS o MIKE 21. MinAmbiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Anexo B, Gestión del riesgo, Guía Técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales. (2013). Zonificación de amenazas por inundaciones a escala 1:2.000 y 1:5.000 en áreas urbanas para diez municipios del territorio colombiano. |
| Sismos | <ul style="list-style-type: none"> Sismicidad instrumental (registro de sismos). Geología superficial de detalle y estructural. Caracterización estática y dinámica de suelos (exploración geofísica y geotécnica). Modelos unidimensionales y bidimensionales de respuesta. Efectos topográficos. |
| Actividad volcánica | <ul style="list-style-type: none"> Geología y Geomorfología. Tectónica y Neotectónica. Historia eruptiva pasada del volcán. Modelos eruptivos potenciales. Vigilancia volcánica. MinAmbiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Anexo B, Gestión del riesgo, Guía Técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. |
| Incendios | <ul style="list-style-type: none"> IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal - Escala 1:100.000. |

Fuente: Elaboración propia.

• **Nota 3:** Dependiendo del criterio del diseñador y las condiciones particulares del proyecto, se podrá tomar información secundaria para la construcción de los mapas de amenaza.

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 acueducto y alcantarillado se deben proyectar a un horizonte mínimo de 25 años. Bajo lo cual se sugiere tener en cuenta la siguiente información:

Tabla 16. Contenidos de referencia para incorporar escenarios de cambio climático en el análisis de amenaza

| Tipo de proyecto | Información que debe considerar | Para identificar | Fuentes de información |
|----------------------------|---|---|---|
| Permanente (más de 5 años) | Variabilidad climática de 30 años atrás ¹³ | Eventos extremos Periodos de retorno Desastres presentados | <ul style="list-style-type: none"> • IDEAM. • Primera y Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. • Información en el SIAC. |
| | Escenarios de cambio climático 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 del IDEAM o los generados a futuro por este mismo Instituto a escalas más detalladas. | Escenarios futuros | <ul style="list-style-type: none"> • Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. • Redes meteorológicas de agremiaciones o del sector privado. • Desinventar (Sistema de inventario de efectos de desastres). • Invenmar • Comunidades que habitan en el área del proyecto, obra o actividad. |

Fuente: (MinAmbiente, 2015).

¹³ A priori, es difícil evaluar cuán largas deben ser las series de datos debido a que el número de años necesarios para captar las características de variabilidad y cambio pueden variar según el elemento climático. En general, se considera que se necesitan por lo menos 10 años de observaciones diarias para elaborar los parámetros estadísticos de referencia pertinentes para la mayoría de los elementos y al menos 30 años para la precipitación. Sin embargo, las tendencias climáticas observadas a nivel mundial y regional en muchas zonas del mundo durante el último siglo indican que unos períodos de registro tan cortos tal vez no sean particularmente representativos de futuros períodos semejantes. (Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2014)) citado en (MinAmbiente, 2015)

La información aquí suministrada, se podrá armonizar y complementar con el Título K del RAS denominado Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en los Sistemas de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, que actualmente se encuentra desarrollando el MinVivienda - Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico y que contará 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.



A TENER EN CUENTA

Análisis de Vulnerabilidad y Exposición

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 la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que

un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. Capítulo I artículo 4 de la Ley 1523 de 2012.

Así mismo, es importante resaltar que los elementos expuestos, sean personas, viviendas, infraestructura, etc., no son vulnerables por sí mismos; dicha condición es diferente frente a cada amenaza que se analice, y también varía de un elemento a otro, por lo cual es necesario realizar análisis de vulnerabilidad frente a cada amenaza priorizada.

El primer concepto que se debe tener en cuenta en el análisis de vulnerabilidad es la exposición, que se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. Capítulo I artículo 4 de la Ley 1523 de 2012. Debe considerarse 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.

De igual manera es importante realizar el análisis de predisposición de cada uno de los componentes frente a las amenazas priorizadas, ya que no todas las estructuras pueden tener afectación con respecto a una amenaza categorizada como alta, el ejemplo lo presenta MinVivienda al describir en la *“Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo”* de 2014, que un embalse construido con criterios de sismo resistencia, se comporta adecuadamente frente a sismos pero puede tener una alta exposición frente a eventos de sequía.

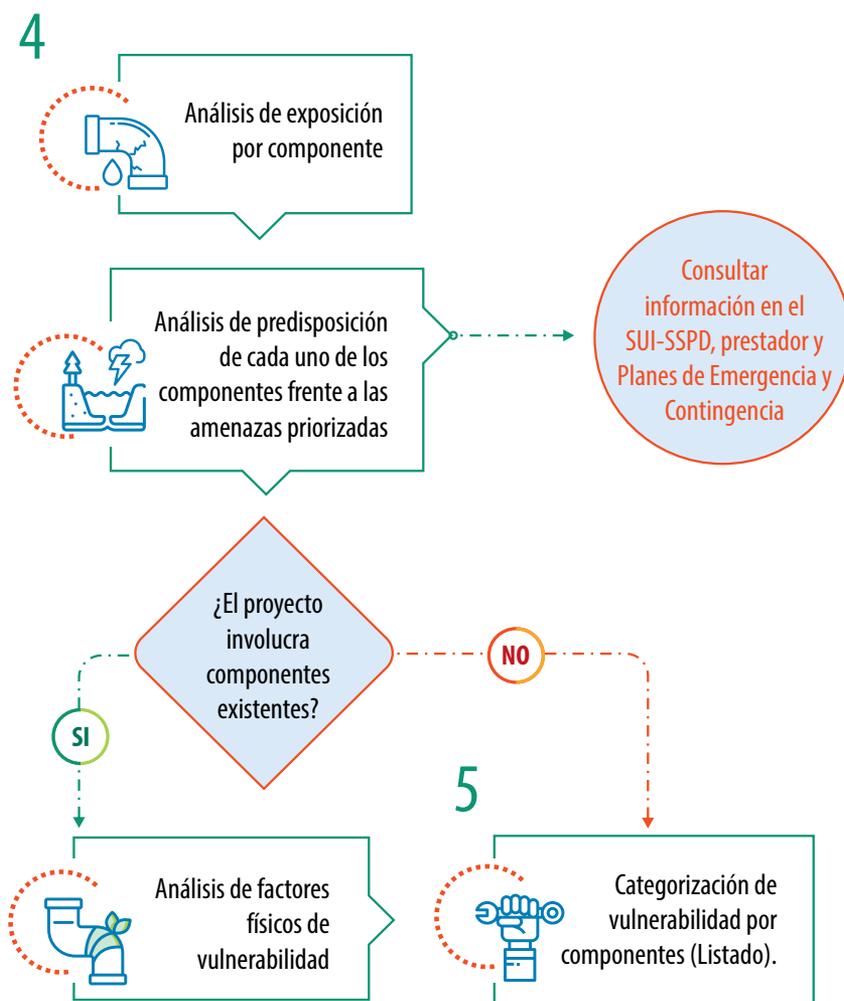
Por último, se categorizará la vulnerabilidad de los elementos expuestos en tres rangos: alta, media y baja,

donde alta será considerada como la de mayor susceptibilidad a sufrir daños y baja la de menor susceptibilidad.

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

Con el propósito de establecer el nivel de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con su exposición a eventos de origen natural o socio-natural 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, 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 para establecer su nivel de vulnerabilidad (Figura 12).

Figura 12. Procedimiento para el análisis de exposición y vulnerabilidad del proyecto (elementos físicos)



Fuente: elaboración propia.



PASO 4

Análisis de exposición y predisposición de cada uno de los componentes frente a las amenazas priorizadas

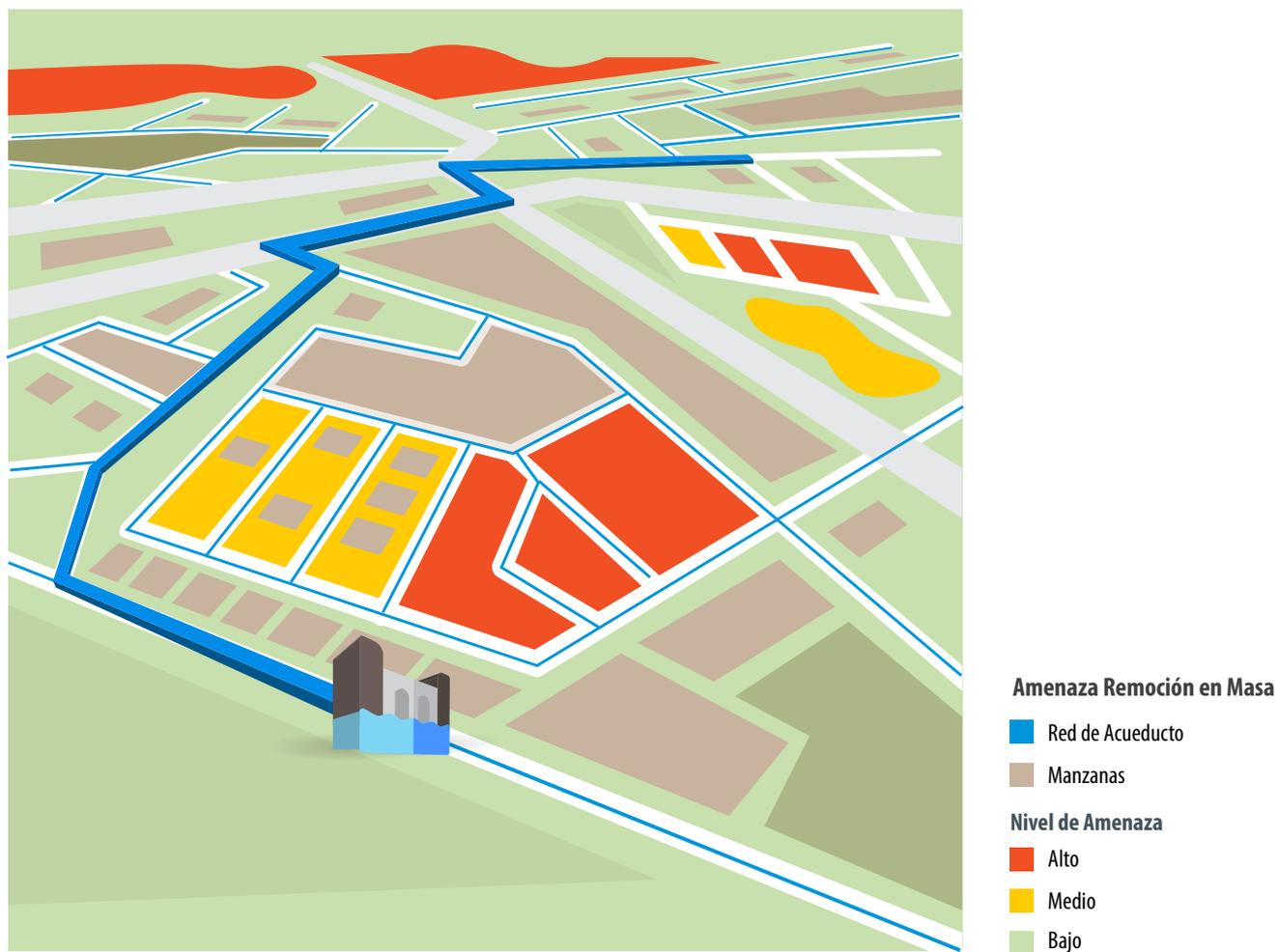
Fase II – Prefactibilidad

Fase III - Factibilidad

Como resultado del análisis de amenaza realizado en los pasos 1, 2, 3 y 3A, se obtuvo un mapa del área del proyecto con la localización de cada una de las amenazas priorizadas. Superponiendo cada uno de los mapas de amenaza con los componentes de los sistemas, se obtendrá la relación de los componentes expuestos para cada una de las amenazas (Figura 13). Para construir el listado de los componentes expuestos se pueden utilizar instrumentos como los sugeridos por

MinVivienda en la “Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo” del 2014 (Tabla 17).

Figura 13. Ejemplo de superposición de información



Fuente: Adaptada a partir de “Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo”, MinVivienda 2014.

Tabla 17. Matriz para el análisis de exposición del sistema de acueducto ante las amenazas de categorías media y alta

| 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: Elaboración propia, a partir de la “Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo”, MinVivienda 2014.

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.

Para realizar el análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos se recomienda que el ingeniero especialista realice un recorrido de campo para establecer la susceptibilidad de los componentes del sistema (nuevos o existentes) a sufrir daños teniendo en cuenta su exposición a cada amenaza identificada en el área del proyecto.

Como una herramienta adicional de análisis, y si se tiene información disponible, se propone 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.

La información específica para el municipio en donde se desarrollará el proyecto puede ser consultada en la base de datos de los reportes de afectaciones de los prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado al Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y se deben considerar también otras fuentes de información que puedan servir para este paso, como son: datos del prestador del servicio de acueducto o alcantarillado en el municipio

donde se construirá el proyecto y datos registrados en los Planes de Emergencia y Contingencia del prestador.

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 (se debe tener en cuenta en el análisis la magnitud de los daños de las afectaciones). Como ejemplo numérico se muestran en la siguiente tabla las afectaciones por eventos naturales y socionaturales para el componente de distribución del sistema de acueducto.

Tabla 18. Reporte de afectaciones en redes de distribución por eventos

| EVENTOS | REPORTE DE AFECTACIONES | % REPORTE DE AFECTACIONES POR AMENAZA |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Colapso_estructural | 31 | 35,63% |
| Movimientos en Masa | 23 | 26,44% |
| Creciente | 12 | 13,79% |
| Avenida Torrencial | 10 | 11,49% |
| Erosión | 8 | 9,20% |
| Sequia | 3 | 3,45% |
| TOTAL | 87 | 100,00% |

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos SSPD (SUI) desde el 21/07/2009 hasta el 30/04/2020.

Posterior a esto, se debe establecer el nivel de predisposición de cada componente (baja, media o alta) de acuerdo con el rango determinado en la siguiente tabla, puesto que establece el nivel de predisposición o

vulnerabilidad del componente, sin embargo, el criterio del ingeniero especialista es fundamental para categorizar el grado de vulnerabilidad del componente expuesto, ya que eventos no tan recurrentes pueden

generar daños severos (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).

Tabla 19. Clasificación del nivel de predisposición de cada uno de los componentes expuestos a las amenazas priorizadas

| Rango de reporte de afectaciones por amenaza | Nivel de predisposición del componente frente a la amenaza analizada |
|--|--|
| Mayor al 20% | Alta |
| Entre 5% y menor al 20% | Media |
| Menor al 5% | Baja |

Fuente: Elaboración propia.

Para el ejemplo de las redes de distribución, los eventos que se reportaron con porcentaje de afectaciones mayor al 20%, y por lo tanto, que generan una predisposición alta de sufrir afectaciones por parte del componente, son: colapsos estructurales (35,63%) y movimientos en masa (26,44%); los eventos que se reportaron con porcentaje de afectaciones entre 5% y menor al 20%, y que se clasifican en predisposición media, son: creciente (13,79%), avenida torrencial (11,49%)

y erosión (9,20%); y, el evento que reporta un porcentaje menor al 5% y que se clasifica con predisposición baja es sequía (3,45%).

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.



PASO 5

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

Fase II – Prefactibilidad • Fase III - Factibilidad

Cuando se contemple la formulación y estructuración de proyectos que involucren componentes existentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado se deberá realizar un análisis de los factores físicos que pueden incrementar o disminuir la vulnerabilidad de los componentes expuestos.

Tomando como referencia el documento de MinVivienda “*Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto alcantarillado y aseo*” del 2014, 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 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.

Como referencia para realizar este análisis los especialistas podrán consultar el Título K “*Gestión del riesgo en sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, conforme al reglamento técnico de agua y saneamiento*” del RAS, título que proporciona lineamientos técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en los diseños de acueducto y alcantarillado por evento de riesgo.

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 y 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 4 y 5 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.

» Análisis de vulnerabilidad interna del proyecto

Una vez realizado el análisis de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado o tratamiento de aguas residuales expuestos a las amenazas priorizadas, es importante que el formulador del proyecto realice un análisis de vulnerabilidad del prestador, lo anterior, al tener en cuenta que la capacidad institucional, técnica, financiera y administrativa le permitirá al prestador sostener el sistema durante la etapa de operación del proyecto. En otras palabras, la

vulnerabilidad del prestador es un factor que aumenta o disminuye la vulnerabilidad del proyecto en la etapa de operación. Es fundamental que se tomen medidas para fortalecer o transformar institucionalmente al prestador con el propósito de que preste un servicio eficiente y garantice la sostenibilidad del sistema con una adecuada operación y mantenimiento del mismo.



PASO 6

Análisis de vulnerabilidad del prestador

Fase II – Prefactibilidad

En lo que se refiere a la capacidad institucional, se aborda la facultad del prestador de servicios públicos domiciliarios de generar capacidad en gestión

del riesgo, tanto en la identificación y reducción de sus riesgos, como en la respuesta ante posibles emergencias, así como en su articulación con las demás instituciones involucradas en la prevención y atención de emergencias, a través de los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres (MinVivienda & UN-GRD, 2014).

Dado lo anterior, y teniendo en cuenta que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, mediante la Resolución 906 de 2019¹⁴, crea el Indicador Único Sectorial (IUS) para medir el nivel de riesgo de las empresas para prestar eficientemente los servicios de acueducto y alcantarillado, al emplear este indicador nos permite ir más allá del análisis de vulnerabilidad del prestador y clasificar de una vez su nivel de riesgo. Este indicador tiene en cuenta las siguientes ocho (8) dimensiones:

¹⁴ Resolución 906 de 2019, "Por la cual se definen los criterios, metodologías, indicadores, parámetros y modelos de carácter obligatorio para evaluar la gestión y resultados de las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y/o alcantarillado, se establece la metodología para clasificarlas de acuerdo con el nivel de riesgo, características y condiciones, y se modifican unas resoluciones".

calidad del servicio, eficiencia en la planeación y ejecución de las inversiones, eficiencia en la operación, eficiencia en la gestión empresarial, sostenibilidad financiera, gobierno y transparencia, sostenibilidad ambiental y la gestión tarifaria, permitiendo clasificar las empresas en los siguientes niveles de riesgos:

Tabla 20. Calificación de Nivel de Riesgo por Resultado del IUS

| Resultados IUS | Clasificación de Nivel de Riesgo |
|----------------|----------------------------------|
| 0 ≤ IUS ≤ 30 | Riesgo Alto |
| 30 < IUS ≤ 60 | Riesgo Medio Alto |
| 60 < IUS ≤ 80 | Riesgo Medio |
| 80 < IUS ≤ 90 | Riesgo Medio Bajo |
| 90 < IUS ≤ 100 | Riesgo Bajo |

Fuente: Resolución CRA 906 de 2019.

Las dimensiones e indicadores de gestión y resultados que establece la metodología de la señalada resolución, se fijan de manera específica para: grandes prestadores, pequeños prestadores y prestadores rurales, lo que permite realizar el análisis de manera

diferencial para los prestadores de los municipios de categorías 4, 5 y 6 y prestadores de las zonas rurales del país.

Teniendo en cuenta que el Indicador Único Sectorial - IUS está orientado a un mejoramiento continuo en la prestación del servicio, la evaluación y clasificación anual del nivel de riesgo que realizará la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, generará la actualización del Plan de Gestión y Resultados - PGR, incluyendo las respectivas acciones de mejora (el PGR deberá contemplar la planeación del prestador del servicio de acueducto y/o alcantarillado, para el corto, mediano y largo plazo. Se entiende por corto plazo 5 años, mediano plazo 10 años, y largo plazo 15 años).

Actualmente el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico - VASB, exige dentro de los requisitos para la presentación de los proyectos del sector, que se incluya el diagnóstico de la entidad prestadora de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, con el propósito de garantizar la sostenibilidad del proyecto en su etapa de operación, lo anterior, se encuentra

en el numeral 13.3 del artículo 13 de la Resolución 0661 de 2019¹⁵.

» Análisis de vulnerabilidad del entorno

Es importante para los formuladores de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico incorporar el análisis de vulnerabilidad del entorno del proyecto al considerar el riesgo que se puede presentar ante la exposición de los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y/o tratamiento de aguas residuales frente a la ocurrencia de un evento natural o socionatural, es decir, se debe considerar que los componentes de los sistemas pueden sufrir daños que afecten tanto a las personas y comunidades, como a las actividades, funciones y relaciones sociales, económicas y culturales.

¹⁵ Resolución 0661 de 2019, "Por la cual se establecen los requisitos de presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que soliciten apoyo financiero de la Nación, así como de aquellos que han sido priorizados en el marco de los Planes Departamentales de Agua y de los programas que implemente el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, a través del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, se deroga la resolución 1063 de 2016 y se dictan otras disposiciones".



PASO 7

Análisis de vulnerabilidad personas y comunidades

Fase II – Prefactibilidad

Este análisis es conocido como vulnerabilidad social, y permite estudiar el comportamiento de un individuo o comunidad frente a “*la capacidad de prever, enfrentar y recuperarse de eventos críticos que implican la pérdida de activos materiales o inmateriales*” (UNGRD, 2017), considerando las características de los individuos y comunidades para enfrentar y asimilar un determinado desastre.

Para dimensionar la vulnerabilidad social es necesario que el formulador del proyecto recopile información secundaria para conocer el contexto del territorio en donde se desarrollarán las obras de infraestructura, para lo cual, se recomienda analizar las condiciones

socio-económicas de la comunidad e identificar la presencia de población especial (indígena y/o grupos étnicos) en el área de influencia del proyecto, con el fin de visibilizar las principales fragilidades de la población objetivo, que en un momento dado puedan verse agudizadas por un desastre. Vale la pena mencionar que esta información es exigida en el artículo 8 del RAS que indica para proyectos Fase II - Prefactibilidad, la inclusión, entre otros, de un “*Diagnóstico detallado de la situación del municipio*” y la “*Características socio-culturales de la población y participación comunitaria*” numerales 1 y 3 respectivamente.

Con el análisis de las condiciones socio-económicas de la comunidad se pretende medir la cobertura de las necesidades básicas de las personas y el acceso a los servicios del Estado, para lo cual, se recomienda que el formulador del proyecto considere como mínimo los pilares socio-económicos de salud, educación, vivienda, empleo/ingreso y población (UNGRD, 2017), así:

En el pilar salud se propone determinar el número de médicos por cada 1.000 habitantes (MCMH), la tasa de mortalidad infantil (TMI) y la población sin acceso a salud (PSAS), con estos indicadores se está midiendo el acceso y capacidad de los servicios médicos en el área de influencia del proyecto.

$$MCMH = \frac{\# \text{ médicos en el municipio}}{\# \text{ de habitantes del municipio}} \times 1.000$$

$$\%TMI = \frac{\# \text{ de infantes menores de 1 año fallecidos durante un año}}{\# \text{ de infantes nacidos durante el mismo año}} \times 100$$

$$\%PSAS = \frac{PSAS}{\# \text{ de habitantes del municipio}} \times 100$$

En cuanto a educación se cuantifica la población analfabeta mayor de 15 años (PA15) y la población entre los 6 y 14 años que asiste al colegio (P6y14AC), con el fin de medir los rezagos de la educación básica, que de cierta manera limita el acceso a la información y la posibilidad de adquirir conocimientos para afrontar los desastres.

$$\%PA = \frac{PA15}{P15} \times 100$$

$$\%P6y14AC = \frac{P6y14AC}{P6y14} \times 100$$

Respecto al pilar vivienda se mide la cantidad de viviendas sin acceso al acueducto (VsA), las viviendas sin acceso a alcantarillado (VsAl) (considerando el total de viviendas particulares habitadas – VPH) y finalmente el déficit de vivienda (DV). La información recolectada en estos indicadores permitirá medir el déficit cualitativo y cuantitativo de vivienda.

$$\%DV = \frac{TH - TVPH + (TVPa + TVPi)}{TVPH} \times 100$$

$$VsA = VPH - VPHA \quad ; \quad \%VsA = \frac{VsA}{VPH} \times 100$$

$$VsAl = VPH - VPHAl \quad ; \quad \%VsAl = \frac{VsAl}{VPH} \times 100$$

TH: Total de Hogares, TVPH: Total de Viviendas Particulares Habitadas, a este resultado se le deben sumar las viviendas cuyas paredes (TVPa) estén en materiales no convencionales (tapia pisada, adobe, bahareque, material prefabricado, madera burda, tabla, tablón, guadua, caña, esterilla, otro vegetal, zinc, tela, cartón, latas, desechos, plásticos) y las viviendas cuyos pisos (TVPi) estén en cemento o gravilla, madera burda, madera en mal estado, tabla o tablón, tierra o arena.

Para el pilar de empleo/ingreso se medirá la población económicamente activa (PEA) que recibe menos de 2 salarios mínimos mensuales vigentes (SMMV), el nivel de dependencia (ND) medido desde el entendido que existe una población dependiente menor de 15 años (PD<15) y población dependiente mayor de 64 años (PD>64) y la tasa de desempleo del municipio (TDeM).

$$\%PEA = \frac{PEA \text{ con menos de 2 SMMV}}{PEA} \times 100$$

$$ND = \frac{PD < 15 + PD > 64}{PEA} \times 100$$

$$TDeM = \frac{PDe}{PEA} \times 100$$

Finalmente, el pilar de población medirá la densidad poblacional (DPo) calculada a partir de la población total del municipio (PoM) y la superficie total del municipio (SM) y la dispersión poblacional (DiPo) entendida como la población que habita en localidades menores a 2.500 habitantes (TPM2500H).

$$DPo = \frac{PoM}{SM}$$

$$DiPo = \frac{J}{SM}$$

$$DiPo = \frac{TPM2500H}{PM}$$

A cada uno de los anteriores indicadores se les asigna un valor de 0,0 - 0,5 - 1,0 para clasificar la condición de vulnerabilidad en Baja – Media – Alta, tal como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 21. Matriz vulnerabilidad social

| Pilar Socioeconómico | Indicador | Rango | | Valor Asignado | Condición de Propensión a la Vulnerabilidad |
|----------------------|--|-------------------|----------------|----------------|---|
| SALUD | ¿Cuántos médicos hay disponibles por cada 1000 habitantes? (MCMH) | Más de 1,7 MCMH | | 0,0 | Baja |
| | | De 0,8 a 1,6 MCMH | | 0,5 | Media |
| | | De 0 a 0,7 MCMH | | 1,0 | Alta |
| | ¿Cuántas muertes se producen antes del primer año de vida? | 11,4 o menos | | 0,0 | Baja |
| | | De 17,3 a 11,5 | | 0,5 | Media |
| | | Más de 17,2 | | 1,0 | Alta |
| | ¿Qué porcentaje de la población no cuenta con acceso a la salud? | Menos de 34,10 | | 0,0 | Baja |
| | | De 34,11 a 67,04 | | 0,5 | Media |
| | | De 67,05 o más | | 1,0 | Alta |
| EDUCACIÓN | ¿Qué porcentaje de la población mayor de 15 años no sabe leer y escribir? | Menos de 1,1 | | 0,0 | Baja |
| | | De 1,6 a 1,2 | | 0,5 | Media |
| | | Más de 1,7 | | 1,0 | Alta |
| | ¿Qué porcentaje de la población entre los 6 y los 14 años asiste al colegio? | 65,64 o más | | 0,0 | Baja |
| | | De 42, 73 a 65.63 | | 0,5 | Media |
| | | Menos del 42,72 | | 1,0 | Alta |
| VIVIENDA | ¿Qué porcentaje de viviendas no cuentan con servicio de acueducto? | Urbana | Rural | | |
| | | 32.4 o menos | 24,5 o menos | 0,0 | Baja |
| | | De 32,5 a 64.8 | De 24,6 a 49,0 | 0,5 | Media |
| | Más del 64,5 | Más del 49.1 | 1,0 | Alta | |
| | ¿Qué porcentaje de viviendas no cuentan con servicio de acueducto? | Urbana | Rural | | |
| | | 30,3 o menos | 23,3 o menos | 0,0 | Baja |
| | | 30,4 a 60,6 | 23,4 a 46,6 | 0,5 | Media |
| | 60,7 o más | 46,7 o más | 1,0 | Alta | |
| | ¿Cuál es el déficit de vivienda municipal? | Menos de 5,54 | | 0,0 | Baja |
| | | De 5,55 a 7,34 | | 0,5 | Media |
| 7,35 o más | | 1,0 | Alta | | |

| Pilar Socioeconómico | Indicador | Rango | Valor Asignado | Condición de Propensión a la Vulnerabilidad |
|----------------------|---|-------------------|----------------|---|
| EMPLEO E INGRESO | ¿Qué porcentaje de la PEA del municipio recibe menos de 2 smmv? | Menos de 64,7 | 0,0 | Baja |
| | | De 64,8 a 86,2 | 0,5 | Media |
| | | 86,3 o más | 1,0 | Alta |
| | ¿Cuántas personas dependen de la PEA? % | Menos de 37,69 | 0,0 | Baja |
| | | De 37,70 a 97,63 | 0,5 | Media |
| | | 97,64 o más | 1,0 | Alta |
| | ¿Cuántas personas desocupadas hay con respecto a la PEA? | 5,6 o menos | 0,0 | Baja |
| | | De 8,4 a 5,7 | 0,5 | Media |
| | | 8,5 o más | 1,0 | Alta |
| POBLACIÓN | ¿Cuál es el grado de concentración de la población en el territorio municipal? (medido en habitantes por km2) | De 1 a 99 HKm2 | 0,0 | Baja |
| | | De 100 a 999 HKm2 | 0,5 | Media |
| | | 1000 o más HKm2 | 1,0 | Alta |
| | ¿Qué porcentaje de la población habita en localidades pequeñas? | De 0 a 9,9 | 0,0 | Baja |
| | | De 10,0 a 29,9 | 0,5 | Media |
| | | 30 o más | 1,0 | Alta |

Fuente: Elaboración propia a partir de (UNGRD, 2017).

Para la cuantificación final de la vulnerabilidad socio-económica se deberá sacar el promedio de los valores asignados a los indicadores que conforman cada pilar socio-económico, posteriormente se deberá sumar los resultados de cada pilar y dividir entre 5 para obtener el valor

final, el cual quedará determinado en vulnerabilidad baja, media o alta. Posteriormente, el formulador del proyecto deberá identificar y describir si en el área de influencia donde se ejecutarán las obras se tiene presencia de comunidades indígenas o étnicas que requieran de una atención especial,

ya que, por la naturaleza de estas comunidades, este tipo de culturas se encuentran socialmente más vulnerables ante eventos de riesgo.

Finalmente, el resultado de la vulnerabilidad social no se computa con la vulnerabilidad de los elementos

expuestos del proyecto, solo permitirá dar a conocer que tanto puede asimilar la comunidad un desastre, en este sentido, se entiende que, si una obra de infraestructura de acueducto y/o alcantarillado llegara a fallar, la vulnerabilidad social muestra qué tanto podrían verse afectadas las personas y la comunidad y la disposición para enfrentar y recuperarse del desastre.



PASO 8

Análisis de elementos expuestos del entorno y su vulnerabilidad

Fase II – Prefactibilidad

Durante la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura de acueducto, alcantarillado y/o tratamiento de aguas residuales se pueden

presentar fallas que vulneran los componentes de dichos sistemas, y estos a su vez pueden afectar otros elementos, instalaciones, infraestructura y edificaciones cercanas, alterando total o parcialmente las actividades, funciones y relaciones sociales, económicas y culturales que allí se desarrollan y/o afectando a las personas que las realizan.

En este sentido, los formuladores de los proyectos deben hacer una identificación detallada de cada uno de estos elementos externos del proyecto que se encuentran expuestos a cada nivel de amenaza baja, media y alta registrada durante el análisis de amenaza, esto permitirá valorar la vulnerabilidad de las actividades, funciones y relaciones sociales, económicas y culturales que se desarrollan en el entorno del proyecto. Para lo cual, el formulador del proyecto en Fase II - Prefactibilidad deberá ubicar en un plano a la escala de trabajo recomendada anteriormente, todos los elementos externos del proyecto que se encuentran expuestos a cada amenaza, entre otros:

- » **Naturales:** Áreas protegidas, zonas de reserva, parques naturales, ecosistemas estratégicos.

- » **Servicios:** Edificaciones estatales, infraestructura vial, centros de recreación, locales comerciales, centros culturales, escuelas, centros de salud, servicios públicos y privados.
- » **Producción:** Industria, agrícola, pecuaria, empresas.

A estos elementos se les debe realizar un análisis de vulnerabilidad para establecer si la afectación puede ser total o parcial y en qué grado afecta la continuidad de las actividades que allí se desarrollan, esto aportará elementos importantes para la evaluación económica de alternativas del proyecto que se pretende diseñar, y complementará el análisis de costo beneficio que se describe en los pasos 13 y 14 de este documento.



A TENER EN CUENTA

Análisis de Riesgo

Para analizar el riesgo en proyectos de acueducto y alcantarillado en Fase II - Prefactibilidad y Fase III - Factibilidad se recomienda 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).

Para la estimación de la vulnerabilidad de los elementos del sistema el formulador del proyecto deberá seguir las recomendaciones impartidas en este documento para el análisis de la amenaza y la vulnerabilidad,

según la fase en la que se encuentre el diseño. Es importante recordar, que los prestadores de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo cuentan con el Plan de Emergencia y Contingencia – PEC (Resolución 154 de 2014) que representa un instrumento relevante para el análisis de la vulnerabilidad, en el cual, se consolida el histórico de daños, impactos y afectaciones del sistema por diferentes desastres, este documento está en continua actualización y debe ser reportado cada año a la Superintendencia a través del SUI.

Otro documento que puede ser consultado por el formulador es el Programa/Plan de Gestión del Riesgo de Desastres que los prestadores deben tener en cumplimiento al Decreto 2157 de 2017, y para el cual MinVivienda elaboró la “*Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo*” documento que desarrolla los componentes de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del riesgo para cada prestador del servicio.



RECUERDA



Recuerda que para realizar un adecuado análisis del riesgo en la estructuración de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico, 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.





PASO 9

Análisis del riesgo

Fase II – Prefactibilidad

Fase III - Factibilidad

Se recomienda hacer la valoración del riesgo cruzando la incidencia de la amenaza con la vulnerabilidad a través de matrices como la siguiente:

Tabla 22. 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 |

Fuente: elaboración propia, a partir de (MVCT y UNGRD, 2014).

Una vez se cruzan las amenazas y vulnerabilidades de cada elemento y para cada una de las alternativas (en proyectos en fase de prefactibilidad) o para la alternativa seleccionada (en proyectos en fase 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.



PASO 10

Análisis del riesgo (daños, pérdidas e impactos)

Fase II – Prefactibilidad • Fase III - Factibilidad

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 acueducto y/o alcantarillado en sus diferentes componentes técnicos (ver Tabla 33 y Tabla 34), 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 diseñador del proyecto deberá simular diferentes afectaciones de los elementos expuestos y analizar las consecuencias esperadas en el sistema, por cada una de las amenazas media y alta que puede afectar los componentes de acueducto y/o alcantarillado. 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 en el Plan de Emergencia y Contingencia del prestador y en el Título K “*Gestión del riesgo en sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, conforme al reglamento técnico de agua y saneamiento*” del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), en la Tabla 31 y Tabla 32 se presentan 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 máximos que se puedan presentar ante la materialización de un desastre.

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 acueducto y/o alcantarillado 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 diseñador de proyectos de acueducto y/o alcantarillado 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 el racionamiento y, si la suspensión es por más de 15 días, los usuarios pueden solicitar el no cobro del cargo básico. 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 (carrotaques, plantas portátiles, equipos de bombeo, tanques de almacenamiento, entre otros).

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

Análisis de Impactos. 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 acueducto y/o alcantarillado 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 fase de Prefactibilidad se deberá cuantificar los costos por daños, pérdidas e impactos para cada una de las alternativas de diseño definidas por el gestor del proyecto, para posteriormente comparar las diferentes alternativas por medio del análisis de costo beneficio. Al final del ejercicio el formulador del proyecto podrá seleccionar la alternativa de diseño que técnica y económicamente sea más eficiente y que represente menores riesgos o que las medidas de reducción o mitigación sean económicamente viables para su implementación.

En la fase 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 fase en la que se encuentre el diseño, debe ser tabulada en la “Matriz de análisis del riesgo del proyecto” como se muestra a continuación, 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.

Tabla 23*. Análisis del riesgo en proyectos de acueducto y alcantarillado

| 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 x No Facturación | Costos Comunicación | Costos Elementos del Entorno | Costos Alteración Actividades | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL COSTOS | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

*Tabla de referencia



A TENER EN CUENTA

Valoración de Riesgo

El riesgo, entendido como “daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socionatural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos” (Ley 1523 de 2012), es el

producto de la amenaza por la vulnerabilidad de los elementos en riesgo. 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 los *Pasos 1 al 6* de esta guía metodológica, considerando la fase de diseño en que se encuentre el proyecto (Prefactibilidad – Fase II o Factibilidad – Fase III), información que como ya se mencionó debe estar expresada en magnitud alta, media o baja.



A TENER EN CUENTA

Análisis y Evaluación del Riesgo para Proyectos en Fase de Prefactibilidad (Fase II) y de Factibilidad (Fase III)

Conforme lo señala el Decreto 2157 de 2017, el análisis del riesgo consiste en la determinación de consecuencias y probabilidades del riesgo, mediante el reconocimiento y comprensión de las amenazas y la vulnerabilidad de

los elementos expuestos, mientras que la evaluación del riesgo está dirigida hacia la toma de decisiones, basada en el resultado de los análisis, para la priorización de los escenarios a través de los cuales se desarrollarán los métodos y estrategias de tratamiento del riesgo (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

En la Figura 5 (que se encuentra en la página 23), se presenta el desarrollo secuencial de los procesos para incorporar el análisis y evaluación del riesgo en los proyectos de acueducto y alcantarillado. Se parte del análisis del riesgo que involucra los eventos amenazantes en el área de implementación del proyecto y la vulnerabilidad de los elementos del proyecto expuestos (se realiza un análisis de los daños, pérdidas e impactos sobre el entorno que se pueden producir). Luego se valoran y evalúan los riesgos para formular medidas de intervención que permitan reducirlo o mitigarlo y, por último, se realiza la evaluación costo beneficio (evaluación ex ante) para establecer la mejor alternativa.



PASO 11

Clasificación de los riesgos del proyecto (mitigable, remanente, no mitigable)

Fase II – Prefactibilidad • Fase III - Factibilidad

En este paso, 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 público domiciliario. 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 baja, media y alta.

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 diseñador 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.

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 (MinVivienda & 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.

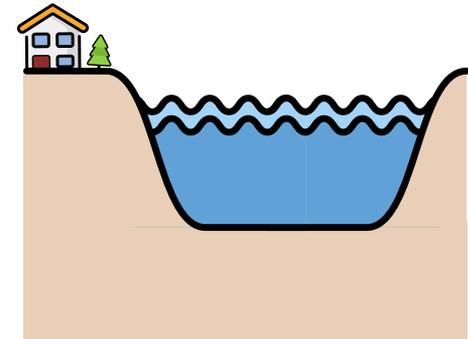
Un ejemplo de riesgo no mitigable es el diseño, construcción y operación de infraestructura de acueducto para

sismos de magnitud superior a los ocho grados en la escala Richter (MinVivienda & UNGRD, 2014).



De acuerdo con lo desarrollado por MinVivienda en la “Herramienta metodológica para la formulación de gestión del riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo”, 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 a través del Plan de Emergencia y Contingencia 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 (MinVivienda & UNGRD, 2014).



En la siguiente tabla se describen algunos documentos que pueden ser considerados por el formulador y/o estructurador para evaluar los riesgos del proyecto.

Tabla 24. Metodologías para evaluar riesgos

| Metodología | Fuente | Descripción General |
|---|--|---|
| Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa – Escala Detallada. | Servicio Geológico Colombiano, SGC https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadadas/Documents/Guia-Metodologica-27-07-2016.pdf | <p>Está diseñada para la evaluación del riesgo frente a movimientos en masa, pero se puede extender su aplicación a otros eventos. La metodología incluye las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo del riesgo. • Definición de criterios. • Categorización del riesgo. • Medidas de intervención y categorías del riesgo. • Zonificación del riesgo. <p>En razón de que esta guía se desarrolla para ambientes urbanos, se escapan de su alcance la evaluación del riesgo en zonas rurales, así como las zonas atravesadas por las redes de conducción de acueducto (redes que transportan el agua desde su fuente o lugar de tratamiento a la cabecera municipal); además, para su evaluación es necesario hacer estudios específicos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. En el informe de los estudios efectuados con esta guía se debe incluir una inspección visual general, en la que se identifiquen los puntos críticos o en amenaza del trazado de tales redes.</p> |
| Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario - Guía para el análisis de vulnerabilidad. | Organización Panamericana de la Salud - OPS https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/35228/MitigCompleto.pdf?sequence=1&isAllowed=y | <p>Este documento se puede consultar para el análisis de riesgo ya que 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.</p> <p>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.</p> |
| Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. | Organización Panamericana de la Salud - OPS https://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_content&view=article&id=3554:handbook-for-natural-disaster-mitigation-in-rural-drinking-water-systems&Itemid=924&lang=es | <p>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.</p> <p>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.</p> |

| Metodología | Fuente | Descripción General |
|---|--|--|
| <p>Herramienta para la evaluación rápida de riesgos y vulnerabilidades para sistemas de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial</p> | <p>Banco Interamericano de Desarrollo - BID https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Herramienta_para_la_evaluaci%C3%B3n_r%C3%A1pida_de_riesgos_y_vulnerabilidades_para_sistemas_de_agua_potable_alcantarillado_y_drenaje_pluvial_es.pdf</p> | <p>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.</p> <p>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.</p> |
| <p>Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales.</p> | <p>Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED (Perú) https://www.cenepred.gob.pe/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf</p> | <p>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.</p> |
| <p>Incorporando la gestión del riesgo de desastres en la inversión pública. Lineamientos y estrategias para la formulación y evaluación de Proyectos.</p> | <p>Comunidad Andina http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/Temas/AtencionPreencionDesastres/EJET4IncorporandoGestionRiesgoDesastresInversionPublica.pdf</p> | <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Este documento también plantea los pasos para incorporar el análisis de riesgo en los proyectos de inversión pública.</p> |
| <p>Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública.</p> | <p>Ministerio de Economía y Finanzas del Perú http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/MEF/Pautas%20Metodologicas%20para%20la%20Incorporacion%20del%20Analisis%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20en%20los%20PIP.pdf</p> | <p>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.</p> |

Fuente: Elaboración propia.



A TENER EN CUENTA

Medidas De Intervención

La reducción de riesgos busca definir e implementar medidas para cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existente (mitigación – intervención correctiva) y evitar futuras condiciones de riesgo (prevención – intervención prospectiva), con el fin de reducir las probabilidades que se presenten situaciones de emergencias y reducir los impactos o efectos adversos de los desastres sobre los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, moderando los tiempos de crisis, entendida esta como la perturbación de las condiciones de normalidad (MinVivienda & UNGRD, 2014).

El mismo documento de Minvivienda y la UNGRD, con el propósito de dar claridad a los conceptos de medidas de mitigación y prevención, menciona los siguientes ejemplos para el sector de agua potable y saneamiento básico:

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.

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 sismo resistentes.



PASO 12

Medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos

Fase II – Prefactibilidad

Fase III - Factibilidad

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).

Se recomienda que las medidas de intervención se enfoquen específicamente al desarrollo del proyecto, y esto implica cosas como ajustes de diseño, cambios de materiales, cambio de trazados o el diseño de obras complementarias. Esto es relevante porque en general son medidas prospectivas pues el proyecto aún no se ha construido, a excepción de las obras que intervienen la amenaza.

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

- » **Estructurales:** Generalmente se asocian a obras civiles, 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 participación ciudadana 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 (MinVivienda & 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).

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 internos 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 acueducto y alcantarillado, se pueden reducir 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 y minimicen el riesgo de fallas en condiciones normales de servicio.

En cuanto a las acciones sobre los elementos físicos es pertinente que los formuladores y/o estructuradores del proyecto, tengan en cuenta las medidas recomendadas en el Título K del RAS, las cuales buscan la reducción del riesgo, bien sea interviniendo la vulnerabilidad o las condiciones de amenaza en los casos que sea posible. Sin embargo, el equipo de especialistas deberá, teniendo en cuenta las condiciones propias

del proyecto, tomar las medidas de mitigación y prevención que consideren necesarias para disminuir los riesgos identificados.

A manera de ilustración se mencionan algunas medidas generales de intervención sobre los sistemas de acueducto y alcantarillado para mitigar o reducir los riesgos de desastres.

- » **Estructurales:** Reubicación de los elementos, diseño de sistemas redundantes o alternos, reforzamiento estructural de los elementos, utilización de materiales flexibles para las tuberías en trazado sinusoidal, diseño de obras de protección y estabilización para los elementos, reposición o rehabilitación de elementos, diseño de programas de control de pérdidas (sectorización), diseño de programas de eficiencia energética, entre otras.
- » **No Estructurales:** Entre otros se pueden mencionar las estrategias de transferencia del riesgo, utilizando los instrumentos financieros disponibles como los seguros, bonos, retención del riesgo y los fondos de gestión del riesgo de desastres (estos mecanismos son

complementarios, por tanto, es recomendable evaluar la forma de usarlos simultáneamente en la gestión del riesgo de cada prestador de servicio).

Para el sector de agua potable y saneamiento básico se consideran medidas de adaptación al cambio climático, entre otras, los programas de eficiencia energética para 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 aguas residuales), el uso de energía no convencional en los sistemas y proyectos para el reúso de aguas residuales.

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.



A TENER EN CUENTA

Análisis Costo Beneficio

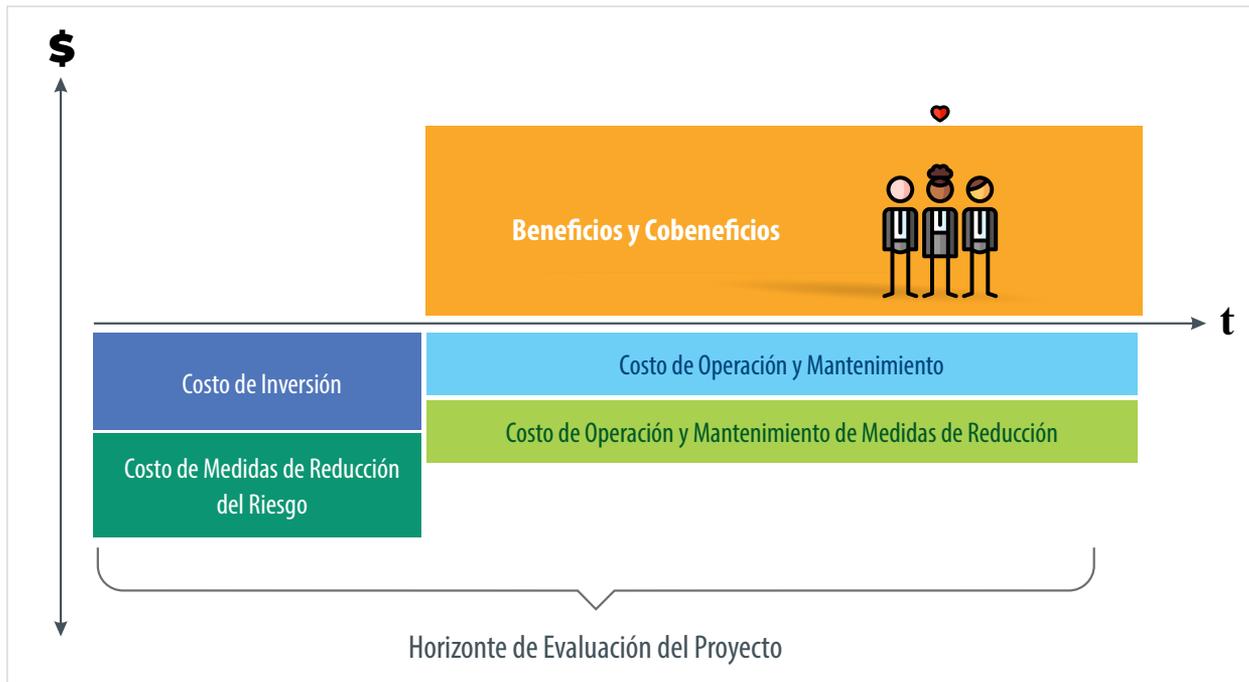
La Evaluación Social de Proyectos consiste en comparar los beneficios con los costos que dicho proyecto implica “para la sociedad”, es decir consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad. Es preciso señalar que a la evaluación social también se le llama evaluación económica (se recomienda que la evaluación sea realizada por un profesional especialista en evaluación social de proyectos).

El método más ampliamente usado para seleccionar entre inversiones alternativas diseñadas para lograr ciertos resultados socialmente deseables es el análisis de costo beneficio (CENEPRED, 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.

Figura 14. Beneficios y costos para un proyecto que incluye medidas de reducción



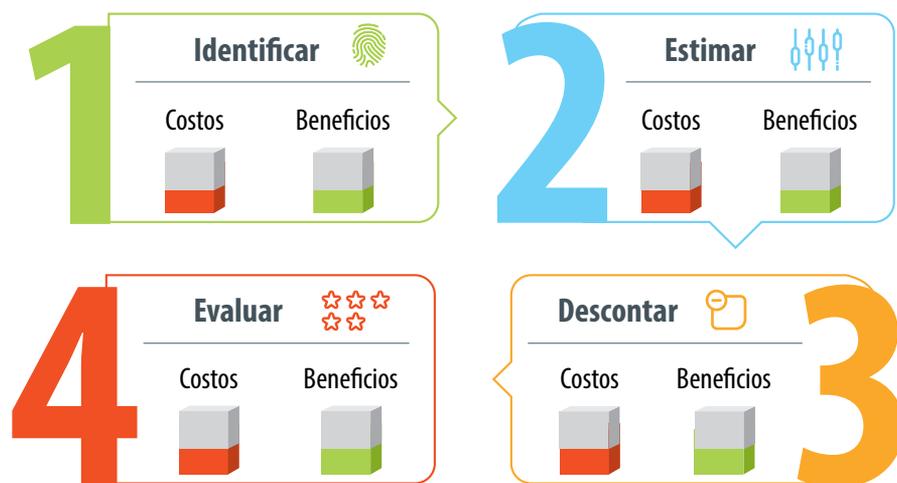
Fuente: (Comunidad Andina, 2009).

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 15. Proceso metodológico para evaluación costo beneficio



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



PASO 13

Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados

Fase II – Prefactibilidad

Tal como se plantea en el proceso metodológico para la evaluación costo beneficio (Figura 15) para realizar el análisis se deben desarrollar las siguientes actividades:

Actividad 13.1

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 acueducto y alcantarillado 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.

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, de acuerdo con la “Política nacional de cambio climático”, también se considerarán las externalidades positivas o los cobeneficios en el análisis (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

Actividad 13.2

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 fase 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 realizar la evaluación costo beneficio se recomienda consultar el Manual Conceptual de la Metodología General Ajustada (MGA) desarrollado por el DNP en el año 2015.

Análisis de sensibilidad: 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).

Actividad 13.3

Descuento - Tasa de descuento

La tasa social de descuento es ampliamente utilizada en la evaluación social de proyectos, especialmente aquellos que proveen bienes públicos cuyos resultados afectan a las generaciones futuras. Colombia maneja una tasa social de descuento uniforme para todos los proyectos de inversión (12%), calculada a partir de la metodología de HARBERGER (1969). El Departamento Nacional de Planeación (DNP), que es la institución encargada de administrar el banco de proyectos de inversión nacional (BPIN) y quien a través de metodologías de costos ABC evalúa los proyectos, recalculó la tasa

social de descuento siguiendo la metodología de HARBERGER (con los datos de Cuentas Nacionales de 2015), dando como resultado un valor cercano al 9% (DNP, 2018).



PASO 14

Evaluación costo beneficio

Fase II – Prefactibilidad

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 25. Criterios de eficacia

| Criterio | Descripción | Interpretación |
|------------------------------|---|---|
| Valor Presente Neto (VPN) | Los costos actuales y los beneficios en un cierto plazo se descuentan y se toma la diferencia, que es el VPN. 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 VPN es positivo la medida de intervención es viable. Entre varias medidas de intervención se selecciona que obtenga mayor VPN siempre que sea positivo. |
| Razón Beneficio/ Costo (B/C) | Es una variante del VPN: 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. |

| Criterio | Descripción | Interpretación |
|-------------------------------|---|---|
| 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 previamente. |

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

Con base en los resultados anteriores, se evalúan, económicamente, las medidas de intervención o tratamiento del riesgo (DNP; MinAmbiente; MinHacienda; UNGRD; GIZ, 2019).

3. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN Y VIABILIZACIÓN DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO



Teniendo en cuenta que es fundamental contar con una evaluación integral de los proyectos de agua potable y saneamiento básico para emitir un concepto que establezca su viabilidad, o no, para poder ser construidos, en este numeral se establecen los criterios que deben considerar los evaluadores 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 acueducto y alcantarillado.



Lo anterior, considerando que para la Fase de Prefactibilidad (Fase II) 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 Fase de Factibilidad (Fase III) 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.

Para la fase de prefactibilidad, el RAS establece en el artículo 10, los estudios básicos mínimos que deben contener los proyectos, el artículo 13 establece que se deben formular y analizar alternativas que permitan dar solución a los problemas, objetivos y metas identificados desde el punto de vista técnico (a nivel de

predimensionamiento). El análisis debe tener en cuenta la **gestión de riesgos** y la gestión ambiental, revisar los aspectos financieros, económicos y sociales que permitan determinar la viabilidad del proyecto.

En el artículo 14, el RAS establece que se deben comparar las alternativas y seleccionar la viable. La comparación de alternativas deberá considerar los aspectos económicos, técnicos, sociales, ambientales, financieros, **de riesgos** y permisos. La selección de alternativas deberá estar soportada como mínimo en los siguientes criterios: sostenibilidad económica, sostenibilidad técnica, sostenibilidad ambiental, **gestión de riesgo (identificación de amenazas y vulnerabilidad, tales como inundaciones, deslizamientos, sismicidad, para plantear las medidas o las obras de mitigación de riesgos correspondientes)** y sostenibilidad social.

Para la fase de factibilidad, el RAS establece en el artículo 22, el procedimiento general para la elaboración de los diseños detallados del proyecto. En el paso 10 del procedimiento se establecen, entre otras obras complementarias, las medidas de **protección frente a riesgos por amenazas naturales y siconaturales identificadas.**

3.1 Requisitos de presentación y viabilización de proyectos de acueducto y alcantarillado en Fase de PreFactibilidad (Fase II) y Factibilidad (Fase III)

Los criterios para la incorporación del riesgo de desastres en la estructuración de proyectos de acueducto y alcantarillado en Fase II son similares a los criterios de los proyectos en Fase III, ya que para ésta última fase el estructurador y/o formulador lo que debe hacer es profundizar en el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo

resultante de la Fase II. En este mismo sentido, para el proceso de evaluador y viabilización del proyecto, desde el punto de vista de la incorporación de la gestión del riesgo de desastres e indistintamente de la fase en la que se encuentre el proyecto, el evaluador debe constatar que el diseño incorpore los criterios definidos en este documento, según el caso, para esto, se debe revisar que se hayan desarrollado adecuadamente los procesos de evaluación del riesgo descritos en la Figura 5 (que se encuentra en la página 23).

Para facilitar el proceso de verificación y viabilización del proyecto, en este numeral se consolidaron los diferentes puntos de control para establecer si el proyecto incorporó adecuadamente el análisis del riesgo, vale la pena mencionar, que los mismos puntos de control fueron definidos en detalle a lo largo del capítulo 2.

Análisis de riesgo

Como ya se mencionó el análisis del riesgo articula la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, es así que el evaluador del proyecto debe identificar si el diseño

incorporó un adecuado análisis de amenaza y vulnerabilidad, para lo cual tendrá en cuenta los siguientes puntos de control:

Amenaza

Punto de Control 1: Matriz caracterización de históricos y de eventos amenazantes.

Se debe revisar que se hayan aportado los cuadros de históricos de eventos con la información general de afectaciones en el sistema, tal como se muestra en la Tabla 2, así mismo, se deben listar los eventos amenazantes con su recurrencia, tal como se muestra en la Tabla 3. 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 estructurador y/o formulador del proyecto.

La información contenida en este punto de control le permitirá al evaluador ubicar los principales eventos amenazantes del territorio en donde se desarrollará el proyecto, así como, las afectaciones que los mismos han causado a la infraestructura de los servicios de acueducto y/o alcantarillado en los últimos años.

Punto de Control 2: Mapas de amenazas identificadas.

El formulador del proyecto deberá elaborar y presentar, para la zona en donde se desarrollará el proyecto, un mapa por cada una de las amenazas identificadas en la recopilación de fuentes de información secundaria, tal como se mencionó en los pasos 2 de este documento. Se recomienda que estos mapas de amenazas estén a escala 1:5.000 para proyectos en zona urbana o 1:25.000 para proyectos en zona rural y que muestren la amenaza categorizándola en alta, media y baja por escala de colores con el fin de facilitar la comprensión (sin embargo, las escalas definidas para estos mapas de amenazas dependerán del criterio del diseñador y de las condiciones particulares del proyecto). Estos mapas son complementarios a los mapas de riesgo que podrían llegar a existir en la zona de influencia del proyecto y que son elaborados por las entidades técnico-científicas como IDEAM, SGC, INVEMAR, MADS, Autoridades Ambientales, entre otras, que se mencionan en el punto de control 3A.

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 diseñador del proyecto o el experto en riesgos.

Los mapas le brindan al evaluador 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.

Punto de Control 3: Matriz de priorización de amenazas.

A criterio del diseñador y/o formulador del proyecto se presentará una matriz con la priorización de las amenazas, con el fin de ordenarlas de mayor a menor incidencia para el proyecto que se pretende desarrollar. Es importante revisar que se hayan incluido todas las amenazas identificadas en el punto anterior, ya que representan el insumo para la evaluación del riesgo que se realiza más adelante.

Este listado le proporciona al evaluador información de cuáles son las amenazas principales que pueden llegar a afectar la infraestructura del proyecto y su entorno.

Punto de Control 3A: Mapas de amenazas identificadas.

El estructurador y/o formulador del proyecto deberá informar si el territorio donde se desarrollará el proyecto cuenta con información de detalle de amenazas desarrollado por entidades como: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Servicio Geológico Colombiano (SGC), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (INVEMAR), Dirección General Marítima (DIMAR) o Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); si la respuesta es afirmativa, se deberán incluir la información cartográfica suministrada por dichas entidades, de lo contrario, deberá manifestar por escrito que el territorio no dispone de dicha información.

Vulnerabilidad

Punto de Control 4: Mapas de superposición y Matriz con análisis de exposición de cada uno de los componentes del sistema y por tipo de amenaza.

El análisis de vulnerabilidad deberá contener cada uno de los mapas de

amenaza con la superposición de los elementos del sistema, con lo que se obtendrá la relación de los componentes expuestos para cada una de las amenazas paso 4, 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 17.

Con esta información se identifican los elementos del proyecto que se encuentran expuestos a cada una de las amenazas identificadas y que de alguna manera pueden poner en riesgo la prestación del servicio.

Punto de Control 5: Listado con la vulnerabilidad de los componentes del sistema y por tipo de amenaza.

A criterio del estructurador y/o formulador del proyecto, se deberá realizar la categorización de la vulnerabilidad para cada uno de los componentes del sistema, clasificando cada elemento en rango de vulnerabilidad alto, medio o bajo, teniendo en cuenta la estimación de daño (fragilidad) que puede sufrir cada componente expuesto frente a la amenaza analizada. Como resultado se deberá presentar el listado de vulnerabilidad de cada componente del sistema.

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

Punto de Control 6: Indicador Único Sectorial - IUS y Plan de Gestión y Resultado – PGR del prestador del servicio.

El estructurador y/o formulador del proyecto deberá presentar para proyectos en Fase II y Fase III el resultado del Indicador Único Sectorial - IUS del prestador del servicio, que de ser menor o igual al 80% (ver Tabla 20), se deberá entregar junto con el proyecto un informe con el análisis de las dimensiones que afectan el desempeño del prestador, relacionando las acciones de mejora incorporadas en el Plan de Gestión y Resultados – PGR que apuntan a mejorar dichas dimensiones, así mismo, se deberá entregar copia del PGR reportado a la Superintendencia para que el evaluador pueda consultar dicha información si 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 capaci-

dad técnica, institucional y financiera que tiene para afrontar un desastre.

Punto de Control 7: Matriz de vulnerabilidad social del proyecto.

Se deberá validar el reporte de la matriz de vulnerabilidad social en la cual se analizan las condiciones socio-económicas de la comunidad en temas de salud, educación, vivienda, empleo/ ingreso y población, tal como se puede observar en la Tabla 21. 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.

Esta misma matriz se presenta tanto para proyectos en Fase II como en Fase III y le permite al evaluador del proyecto inferir que tanto puede asimilar los impactos de un desastre la comunidad beneficiaria del proyecto.

Punto de Control 8: Plano con la ubicación de los elementos expuestos del entorno y su vulnerabilidad.

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 acueducto y/o alcantarillado. 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. Se recomienda que estos planos de elementos del entorno deberán estar a escala 1:5.000 para proyectos en zona urbana o 1:25.000 para proyectos en zona rural.

Este plano le mostrará al evaluador 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.

Punto de Control 9: Matriz de análisis del riesgo del proyecto.

En este punto de control el evaluador debe revisar que se haya aportado la matriz de análisis de riesgo con la

cuantificación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, tal como se mostró en la Tabla 23, donde se detallan los costos de daños, pérdidas e impactos por tipo de amenaza y para cada uno de los elementos del proyecto. Para los proyectos en Fase II se debe presentar la matriz para cada una de las alternativas estudiadas y para proyectos en Fase III se debe presentar solo el análisis de la alternativa seleccionada, pero deberá soportarse en un análisis de mayor detalle, que seguramente requerirá trabajo de campo para adelantar estudios adicionales si se considera importante, 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.

Esto le permite al evaluador identificar por tipo de amenaza cuales podrían llegar a ser los impactos económicos que tendría el proyecto ante la materialización del evento de riesgo estudiado.

Valoración del Riesgo

La valoración del riesgo es la relación entre el resultado de la categorización de la amenaza con la vulnerabilidad que cada elemento del sistema tiene frente a esa amenaza específica, tal como se describió en el “Paso 9 - Análisis del riesgo” de este documento. Es así que el evaluador del proyecto deberá identificar si el diseño incorporó la valoración del riesgo, para lo cual tendrá en cuenta el siguiente punto de control:

Punto de Control 10: Matriz de valoración del riesgo.

Junto con los documentos de análisis del riesgo del proyecto se debe adjuntar la matriz de valoración del riesgo, que a modo de ejemplo se presenta en la Tabla 22, en donde se cruza para cada categoría de amenaza los elementos del sistema existentes y proyectados en el diseño.

El resultado de este ejercicio le muestra al evaluador del proyecto el riesgo de cada uno de los elementos del sistema por tipo de amenaza identificada. Clasificando el riesgo en alto, medio o bajo.

Evaluación del Riesgo

En el paso 11 se presentaron los criterios para la evaluación del riesgo en proyectos de acueducto y alcantarillado, es así que el evaluador del proyecto deberá identificar si el diseño incorporó la evaluación del riesgo, para lo cual tendrá en cuenta el siguiente punto de control:

Punto de Control 11: Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto.

Para cada una de las amenazas identificadas se deberán listar los componentes del proyecto que resultaron clasificados con riesgo alto, medio o bajo, mostrando para cada uno de ellos si el riesgo al que está expuesto es mitigable, no mitigable o remanente.

Formulación de las medidas de intervención

Punto de Control 12: Matriz medidas de intervención para reducir o mitigar los riesgos.

En este punto el evaluador debe verificar que el proyecto presente las medidas de mitigación y prevención

del riesgo y las medidas para la adaptación al cambio climático, que permitan reducir las probabilidades que se presenten situaciones de emergencias y reducir los impactos o efectos adversos de los desastres sobre los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

Las medidas de intervención deben 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.

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 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:

Punto de Control 13: Análisis de beneficios, cobeneficios y costos identificados.

El estructurador y/o formulador del proyecto deberá presentar el análisis de beneficios y cobeneficios y costos identificados para cada una de las alternativas (Fase II).

Punto de Control 14: Matriz de análisis con los criterios de VPN, Razón (B/C) y TIR.

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

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

En la Tabla 26 se presenta la lista de chequeo que podrá ser utilizada por los evaluadores de los proyectos relacionados con infraestructura de acueducto, alcantarillado y/o tratamiento de aguas residuales en Fase II o Fase III, lo cual facilitará la verificación de requisitos mínimos y puntos de control propuestos en el presente numeral. Esta lista de chequeo además de permitirle al evaluador llevar la relación de la información suministrada por el diseñador, 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 26. Lista de chequeo para la verificación de la incorporación del análisis de riesgo de desastres en proyectos de acueducto y alcantarillado

Fecha de Radicación:
Nombre del Proyecto:
Municipio: **Departamento:**
Valor del Proyecto: **Código BPIN 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 caracterización de históricos y de eventos amenazantes. | | | |
| | 2. Mapas de amenazas identificadas. | | | |
| | 3. Matriz de priorización de amenazas. | | | |
| | 3A. Mapas de amenazas identificadas. | | | |
| ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD | 4. Mapas de superposición y Matriz con análisis de exposición de cada uno de los componentes del sistema y por tipo de amenaza. | | | |
| | 5. Listado con la vulnerabilidad de los componentes del sistema y por tipo de amenaza. | | | |
| | 6. Indicador Único Sectorial - IUS y Plan de Gestión y Resultado – PGI del prestador del servicio. | | | |
| | 7. Matriz de vulnerabilidad social del proyecto. | | | |
| ANÁLISIS DEL RIESGO | 8. Plano con la ubicación de los elementos expuestos del entorno y su vulnerabilidad. | | | |
| | 9. Matriz de valoración del riesgo. | | | |
| ANÁLISIS DEL RIESGO (Daños, Pérdidas e Impactos) | 10. Matriz de análisis del riesgo. | | | |
| EVALUACIÓN DEL RIESGO | 11. Matriz de clasificación de los riesgos del proyecto (mitigable, remanente, no mitigable) | | | |
| 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 VPN, Razón (B/C) y TIR. | | | |

Fecha de Evaluación:
Nombre del Evaluador:
Firma: _____

BIBLIOGRAFÍA

BID, B. I. (2019). *Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales*.

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.

Congreso de La República de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012.

CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*.



- DNP. (2017). *Guía para la construcción y estandarización de la cadena de valor.*
- DNP. (2018). *Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades.* Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Presentaci%C3%B3n%20%C3%8D%C3%8Dndice%20Municipal%20de%20Riesgo%20de%20Desastres.pdf>
- 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.*
- IRC, C. I. (2008). *Gestión integral del riesgo para la protección de los servicios de agua potable y saneamiento ante las amenazas naturales.*
- MEF, M. d., & GTZ, C. t. (2007). *Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública.*
- MinAmbiente, M. d. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS, Anexo B. Gestión del Riesgo.*
- MinVivienda y UNGRD. (2014). *Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.*
- MinVivienda, M. d. (2020). [www.minvivienda.gov.co](http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/gestioninstitucional/cambio-climatico). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/gestioninstitucional/cambio-climatico>
- OPS, O. P. (1998). *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario: Guía para el análisis de vulnerabilidad.* Washington.
- UNGRD. (2017). *Lineamientos Para el Análisis de la Vulnerabilidad Social en los Estudios de la Gestión Municipal del Riesgo de Desastres.* Bogotá: Imprenta Nacional.
- Vásquez R, G. (2016). *Slide Share.* Obtenido de <https://www.slideshare.net/Marciano240565/clase-3-alcantarillado-sanitario>
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. En R. d. Latina, *Los desastres no son naturales* (págs. 11-44).
- Yamin, L. E., Ghesquiere, F., Cardona, O. D., & Ordaz, M. G. (2013). *Modelación probabilística para la gestión del riesgo de desastre, El caso de Bogotá Colombia.* Bogotá, Colombia.

Consultar anexos



El futuro
es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación