



Guía de **buenas prácticas ambientales** para sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al clima



CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento

Guía de **buenas prácticas ambientales** para sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al clima

Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA)

Bulevar Kuwait, plantel del SANAA La Vega, antiguas oficinas de la División Centro Oriente
Tegucigalpa M.D.C., Francisco Morazán, Honduras
Teléfonos (504) 2246-4840 / 2246-3851,
Correo electrónico: conasahn@yahoo.com
Sitio web: www.conasa.hn

ELABORADO POR:

Gerson Eliuth Urtecho Consultor CONASA-BID
Ingeniero Ambiental, Msc. Gestión de Recursos Hídricos,
Especialista en Cambio Climático, Agua y Saneamiento

EQUIPO TÉCNICO COORDINADOR:

José Francisco Manajarrés Especialista Senior Sectorial Agua y Saneamiento del BID
Pedro Ortíz Coordinador Secretaría Técnica del CONASA
Karina Turcios Especialista Ambiental del CONASA

COLABORADORES:

Martin Rivera	Coordinador del Movimiento Para Todos por Siempre
Henry Gudiel	Director Ejecutivo Water for People
Kim Grace Padilla	DNCC/SERNA
Angélica García	CONASA
Omar Núñez	AHJASA
Rafael Enríques	ICF
Víctor Cuevas	AIDIS
Rosalía Montoya	AIDIS
Amelia Santos	AIDIS
Teodoro Vega	SANAA

Primera edición:

Tegucigalpa, mayo de 2023

Fotografías: Gerson Eliuth Urtecho

Diseño: Luz Andrade

Ilustraciones: Franz Morazán

Impreso en Honduras

Agradecemos al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo a la impresión de esta publicación. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento CONASA

Dra. Nerza Gloria Paz Rodriguez

Secretaría de Salud (SESAL)

Sub-Secretaría de Redes de Servicios, Presidenta del CONASA

Ing. Jorge Emilio Salaverri

Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)

Viceministro de Recursos Naturales y Ambiente

Abg. Sergio Vladimir Coello Díaz

Secretaría de Gobernación, Justicia y Descentralización (SEGOB)

Subsecretario de Gobernación y Descentralización

Lic. Roberto Carlos Ramírez Alvarenga

Secretaría de Finanzas (SEFIN)

Subsecretario de Crédito e Inversión Pública

Sr. Nelson Yovany Castellanos

Asociación de Municipios de Honduras (AMHON)

Presidente AMHON

Sr. Nelson Gustavo Miralda Godoy

Sociedad Civil Organizada

Representante de Usuarios

Abg. Ricardo Issac Panchamé Romero

Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA)

Gerente General del SANAA y Secretario Ejecutivo del CONASA

Agradecimiento

Esta Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima ha sido posible gracias al apoyo técnico y financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la participación de los diferentes actores sectoriales como instituciones de Gobierno (ERSAPS, SANAA, SESAL, SERNA, DGRH, ICF), técnicos regionales, prestadores de servicios ambientales (PSA), juntas de agua, ONG del sector agua y saneamiento, entre otros.

Contenido

Presentación	xiii
Siglas y acrónimos.	xiv
Introducción	xv

Sección I: Generalidades 1

1. Objetivos y conceptos de la Guía de buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento resilientes al clima	2
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 ¿Qué es una Guía de buenas prácticas ambientales?.	3
1.4 ¿A quién va dirigida la Guía?	4
1.5 ¿Por qué es necesaria esta Guía de Buenas Prácticas?	5
1.6 Condiciones y orientación para adoptar esta Guía	6
2. Conceptos de resiliencia climática	9
3. Contexto para los proyectos de agua potable y saneamiento.	11
3.1 Antecedentes del sector	11
4. Tipos de sistemas de agua potable y saneamiento	12
4.1 Tipos de sistemas de agua potable	13
4.2 Componentes de un sistema de agua potable por gravedad y PTAP	13
4.3 Tipos de sistemas de Saneamiento	15
5. Etapas de los proyectos de los sistemas de agua potable y saneamiento	18

Sección II: Buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento 21

6. Principales impactos positivos y negativos del sector de APS.	22
6.1 Principales posibles impactos negativos	24
7. Buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento por etapas de Proyecto	25
7.1 Codificación de requerimientos y buenas prácticas ambientales	25

8. Buenas prácticas en la etapa de factibilidad (F)	26
8.1 Requerimientos legales y ambientales	28
9. Buenas prácticas de diseño (D)	30
9.1 Consideraciones generales en la etapa de diseño	31
9.2 Consideraciones en la etapa de diseño para la obra captación de agua superficial	34
9.3 Consideraciones en la etapa de diseño para un desarenador	35
9.4 Consideraciones en la etapa de diseño para una planta de tratamiento de agua potable	35
9.5 Consideraciones para la etapa de diseño de prefiltros y filtros lentos	36
9.6 Consideraciones para la etapa de diseño de un tanque de almacenamiento	36
9.7 Consideraciones para la etapa de diseño de un sistema de cloración	37
9.8 Consideraciones para la etapa de diseño de líneas de conducción	38
9.9 Consideraciones para la etapa de diseño de red de distribución	38
9.10 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara distribuidora de caudales	39
9.11 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara de reunión	39
9.12 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara rompecarga	40
9.13 Consideraciones para la etapa de diseño de válvulas de aire	40
9.14 Consideraciones para la etapa de diseño paseos aéreos	41
9.15 Consideraciones para la etapa de diseño válvulas de aire, cierre y control	41
9.16 Consideraciones para la etapa de diseño para una estación de bombeo para consumo humano	42
9.17 Consideraciones para la etapa de diseño para un pozo para abastecimiento de agua	42
9.18 Medidas de consideración etapa de diseño para sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales	43
9.19 Medidas de consideración etapa de diseño para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas	44
10. Buenas prácticas en la etapa de construcción (C)	45
10.1 Para la gestión del aire (C)	48
10.2 Para la gestión del agua (C)	49
10.3 Para la gestión del suelo (C)	50
10.4 Para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos (C)	50
10.5 Para la gestión de los recursos sociales y culturales (C)	51
10.6 Para la gestión de la energía (C)	53
10.7 Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)	54
10.8 Para la gestión de los residuos líquidos (C)	54
10.9 Para la gestión de residuos sólidos (C)	55
10.10 Para el mantenimiento de equipo e instalaciones (C)	56
10.11 Para la reutilización y el reciclaje (C)	57
10.12 Para la gestión de riesgos y amenazas (C)	58

11. Buenas prácticas en la etapa de operación (O). 59

11.1 Identificación de impactos ambientales en la etapa de operación de sistemas de agua potable y saneamiento	60
11.2 Medidas de mitigación para la etapa de operación de captación de manantial	60
11.3 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un desarenador y sedimentador	62
11.4 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sedimentador	63
11.5 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una planta de tratamiento	64
11.6 Medidas de mitigación para la etapa de operación de prefiltros y filtros lentos	65
11.7 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un tanque de almacenamiento	66
11.8 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sistema de desinfección con cloración	67
11.9 Medidas de mitigación para la etapa de operación una línea de conducción.	68
11.10 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una red de distribución.	69
11.11 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una cámara distribuidora	71
11.14 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de aire.	73
11.15 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de purga	75
11.16 Medidas de mitigación para la etapa de operación de paseos aéreos de tubería	76
11.17 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de control.	78
11.18 Medidas de mitigación para la etapa de operación de conexiones domiciliarias.	79
11.19 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una estación de bombeo	80
11.20 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un pozo	81
11.21 Medidas de mitigación para la etapa de operación para Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales	82
11.22 Medidas de mitigación para la etapa de operación para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas	83

12. Buenas prácticas durante el cierre y clausura del proyecto (Ci) 85

12.1 Identificación de impactos ambientales en la etapa de cierre y post clausura de instalaciones de agua y saneamiento	86
12.1 Para la gestión del aire (Ci).	87
12.2 Para la gestión del agua (Ci).	88
12.3 Para la gestión del suelo (Ci)	89
12.4 Para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos (Ci)	89
12.5 Para la gestión de la energía (Ci)	90
12.6 Para la gestión de las sustancias peligrosas (Ci)	90
12.7 Para la gestión de los residuos sólidos (Ci)	91
12.8 Para la gestión de residuos líquidos (Ci).	91
12.9 Reutilización y reciclaje (Ci)	92
12.10 Para la gestión de las amenazas y riesgos (Ci).	93

SECCIÓN III: La resiliencia de los Sistemas APS ante los efectos del cambio climático **95**

13. Agua, saneamiento y el desarrollo resiliente al clima	96
14. La vulnerabilidad de los sistemas APS ante el cambio climático	99
15. Amenazas naturales y antrópicas en los sistemas de APS	100
15.1 Afectaciones a los sistemas de agua potable	100
15.2 Afectaciones a los sistemas de saneamiento	102
16. Medidas resilientes al cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento	103
16.1 Medidas generales	103
16.2 Medidas resilientes específicas al cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento	105
16.3 Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad por componente del sistema	109

SECCIÓN IV: Estrategias de Respuestas ante Desastres Naturales para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento **137**

17. Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales	138
17.1 Etapa I. Evaluación rápida de daños y necesidades	140
17.2 Etapa II: Establecimiento de un plan de acción y coordinación	146
17.3 Etapa III: Movilización de recursos financieros y técnicos	147
17.4 Etapa IV: Capacitación y participación comunitaria	148
17.5 Etapa V: La adopción de medidas de mitigación y adaptación	150
17.6 Etapa VI: Monitoreo y evaluación	150
Glosario	153
Bibliografía y referencias.	156

Índice tablas

Tabla 1: Elementos clave de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales en Honduras	4
Tabla 2: Destinatarios y Beneficios de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para proyectos de Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima.	4
Tabla 3: Beneficios de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima (GBPA) en Honduras.	5
Tabla 4: Resumen de Condiciones y Compromisos	8
Tabla 5: Conceptos clave en la gestión integral de riesgos y resiliencia al cambio climático	10
Tabla 6: Tabla resumen de los tipos de Sistemas de AP	15
Tabla 7: Resumen de tipos de sistemas de saneamiento	17
Tabla 8: Resumen de etapas, potenciales impactos ambientales y algunas medidas preventivas generales en un proyecto de agua potable y saneamiento (basado en experiencias del sector APS)	19
Tabla 9: Principales Impactos positivos del Sector de APS.	22
Tabla 10: Identificación de impactos ambientales por Etapas.	24
Tabla 11: Códigos de las Etapas	25
Tabla 12: Código de Buenas Prácticas.	25
Tabla 13: Significado de los códigos de requerimientos y buenas prácticas para cada etapa	26
Tabla 14: Buenas prácticas en la etapa de factibilidad (F)	27
Tabla 15: Permisos requeridos de acuerdo con el ciclo de proyecto	29
Tabla 16: Consideraciones en la etapa de diseño para todos los componentes del sistema de agua potable	31
Tabla 17: Consideraciones en la etapa de diseño para la captación de agua superficial para un sistema de agua potable	34
Tabla 18: Consideraciones en la etapa de diseño para un desarenador en un sistema de agua potable	35
Tabla 19: Consideraciones en la etapa de diseño para una planta de tratamiento de agua potable.	35
Tabla 20: Consideraciones para la etapa de diseño de prefiltros y filtros lentos	36
Tabla 21: Consideraciones para la etapa de diseño de un tanque de almacenamiento.	36
Tabla 22: Consideraciones para la etapa de diseño de un sistema de cloración	37
Tabla 23: Consideraciones para la etapa de diseño de líneas de conducción	38
Tabla 24: Consideraciones para la etapa de diseño de red de distribución.	38
Tabla 25: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara distribuidora de caudales.	39
Tabla 26: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara de reunión	39
Tabla 27: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara rompecarga	40
Tabla 28: Consideraciones para la etapa de diseño de válvulas de aire	40
Tabla 29: Consideraciones para la etapa de diseño paseos aéreos	41
Tabla 30: Consideraciones para la etapa de diseño válvulas de aire, cierre y control	41
Tabla 31: Consideraciones para la etapa de diseño para una estación de bombeo	42

Tabla 32: Medidas de consideración etapa de diseño para pozo	42
Tabla 33: Medidas de consideración etapa de diseño para sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales	43
Tabla 34: Medidas de consideración etapa de diseño para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas	44
Tabla 35: Identificación de impactos ambientales en la etapa de construcción	46
Tabla 36: Para la Gestión del aire (C).	48
Tabla 37: Para la gestión del agua (C).	49
Tabla 38: Para la gestión del Suelo (C).	50
Tabla 39: Para la Gestión de Los Recursos Biológicos Y Paisajísticos (C).	50
Tabla 40: Para la gestión de los recursos culturales (C).	51
Tabla 41: Para la gestión de la energía (C)	53
Tabla 42: Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)	54
Tabla 43: Para la gestión de los residuos líquidos (C).	54
Tabla 44: Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)	55
Tabla 45: Para el mantenimiento de equipo e instalaciones (C).	56
Tabla 46: Para la reutilización y el reciclaje (C)	57
Tabla 47: Para la gestión de riesgos y amenazas (c)	58
Tabla 48: Identificación de impactos ambientales en la etapa de operación de sistemas de agua potable y saneamiento	60
Tabla 49: Medidas de mitigación para la etapa de operación de captación de manantial . .	61
Tabla 50: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un desarenador.	62
Tabla 51: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sedimentador	63
Tabla 52: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una planta de tratamiento	64
Tabla 53: Medidas de mitigación para la etapa de operación de prefiltros y filtros lentos . .	65
Tabla 54: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un tanque de almacenamiento.	66
Tabla 55: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sistema de cloración . .	67
Tabla 56: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una línea de conducción .	68
Tabla 57: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una red de distribución . .	69
Tabla 58: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una cámara distribuidora .	71
Tabla 59: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de aire	73
Tabla 60: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de purga.	75
Tabla 61: Medidas de mitigación para la etapa de operación de paseos aéreos.	76
Tabla 62: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de control	78
Tabla 63: Medidas de mitigación para la etapa de operación de conexiones domiciliarias .	79
Tabla 64: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una estación de bombeo .	80
Tabla 65: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un pozo	81
Tabla 66: Medidas de mitigación para la etapa de operación para Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales	82
Tabla 67: Medidas de mitigación para la etapa de operación para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas	83

Tabla 68: Identificación de impactos por gestión inadecuada de otros aspectos clave para un manejo ambiental en la etapa de cierre y clausura	86
Tabla 69: Para la gestión del aire (C)	87
Tabla 70: Medidas de mitigación y corrección para la gestión del agua en la etapa de cierre y clausura (C)	88
Tabla 71: Medidas de mitigación y corrección para la gestión del suelo en la etapa de cierre y clausura (C)	89
Tabla 72: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos en la etapa de cierre y clausura (C)	89
Tabla 73: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de la energía en la etapa de cierre y clausura (C)	90
Tabla 74: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de las sustancias peligrosas en la etapa de cierre y clausura (C)	90
Tabla 75: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los residuos sólidos en la etapa de cierre y clausura (C)	91
Tabla 76: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los residuos líquidos en la etapa de cierre y clausura (C)	91
Tabla 77: Medidas de mitigación y corrección para la reutilización y reciclaje en la etapa de cierre y clausura (C)	92
Tabla 78: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de las amenazas y riesgos en la etapa de cierre y clausura (C)	93
Tabla 79: Ejemplos de incidencia de los riesgos en el sector del agua y saneamiento	96
Tabla 80: Efectos del cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento en Honduras	98
Tabla 81: Resumen de las dimensiones de Vulnerabilidad de un Sistema de Agua Potable o Alcantarillado Sanitario.	99
Tabla 82: Amenazas y afectaciones a los sistemas de agua potable	100
Tabla 83: Amenazas y afectaciones a los sistemas de saneamiento	102
Tabla 84: Aspectos clave para aumentar la resiliencia de los sistemas de agua potable ante el cambio climático y sus medidas generales.	103
Tabla 85: Medidas resilientes en la etapa de prefactibilidad.	105
Tabla 86: Medidas Resilientes en la etapa de diseño (código MRD)	107
Tabla 87: Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en captaciones de manantiales, captaciones superficiales, pozos, galerías filtrantes	110
Tabla 88: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en cámaras: de reunión, distribuidora de caudales rompedores, válvulas de aire, de purga	114
Tabla 89: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en prefiltros y filtros lentos.	117
Tabla 90: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en tanques cisterna y casetas de bombeo	120

Tabla 91: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en reservorio.	122
Tabla 92: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en líneas de conducción y redes de distribución.	126
Tabla 93: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en redes colectoras, emisor y efluentes, buzones, cámara de rejas, lagunas de estabilización y tanques sépticos.	132
Tabla 94: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en pozos percoladores y zanjas de absorción	135
Tabla 95: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en sistemas de eliminación de excretas in situ	136
Tabla 96: Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales	138
Tabla 97: Etapa I. Evaluación rápida de daños y necesidades	140
Tabla 98: ejemplo de formato para recopilar buenas practicas ambientales para sistemas	142
Tabla 99: Formulario: Rehabilitación como respuesta inmediata por exceso de lluvias.	144
Tabla 100: Sub eatpa Establecimiento de un plan de acción y coordinación	146
Tabla 101: Aspectos claves de la movilización de recursos financieros y técnicos	147
Tabla 102: componentes de la capacitación y participación comunitaria	148
Tabla 103: temas sugeridos para las capacitaciones en el contexto de rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales.	149
Tabla 104: Componentes del monitoreo y evaluación	151
Tabla 105: Indicadores SMART para evaluar el progreso y éxito en la rehabilitación de sistemas de agua y saneamiento tras desastres naturales	152

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Artículos en relación a las GBPA estipuladas en el Reglamento del SINEIA.	17
Ilustración 2: Evaluaciones de impacto, permisos ambientales y GBPA	21
Ilustración 3: Resultados de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento PLANASA 2022-2030	25
Ilustración 4: Componentes de un sistema de agua potable y PTAP.	27
Ilustración 5: Componentes de un sistema de agua potable	28
Ilustración 6: Esquema Red de saneamiento Municipal (MITECO)	31
Ilustración 7: Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales	153

Presentación

Estimados señores y señoras,

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas y organizaciones que colaboraron en la elaboración de esta **Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector de Agua Potable y Saneamiento** (APS). Este documento es el resultado de un esfuerzo conjunto entre el Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA), la Secretaría de Recursos Naturales Ambiente y Minas (SERNA), organizaciones y otras entidades sector Agua Potable y Saneamiento y que apoyan la gestión ambiental en Honduras; su materialización ha sido posible gracias al apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) mediante recursos de cooperación técnica no reembolsable.

Esta Guía es un instrumento importante para promover la sostenibilidad ambiental en el sector de agua potable y saneamiento en Honduras, procurando el acceso de toda la población a servicios eficientes y de calidad, en tanto derechos humanos fundamentales.

Como toda actividad humana, de no realizarse de manera responsable y sostenible, el desarrollo de infraestructura de agua y saneamiento puede provocar impactos negativos en el ambiente y en la salud pública. Por ello, CONASA y la SERNA promueven la adopción de buenas prácticas ambientales en todas las actividades relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento (APS). En ese sentido, esta Guía proporciona una herramienta valiosa para orientar a los gestores, prestadores de servicios, profesionales y la población en general, sobre cómo adoptar medidas y recomendaciones efectivas para brindar sostenibilidad en la prestación de los servicios, minimizando impactos negativos sobre el ambiente.

La Guía se alinea con el nuevo proceso de licenciamiento ambiental SLAS II en Honduras, el cual busca agilizar y simplificar los trámites para el desarrollo y operación de proyectos de infraestructura y, en especial, que desde las fases tempranas de identificación y diseño se incluyan medidas de resiliencia ante los efectos del cambio climático. La adopción voluntaria de estas buenas prácticas ambientales permitirá a los empresarios, proponentes, diseñadores, constructores y operadores, demostrar su compromiso con la gestión ambiental responsable y sostenible ante la SERNA.

En resumen, esta Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector de Agua Potable y Saneamiento, con énfasis en medidas resilientes al clima, es un instrumento valioso para promover la sostenibilidad ambiental en Honduras. Esperamos que sea de utilidad para todas las personas e instituciones involucradas en el sector de agua potable y saneamiento y que contribuya a mejorar la calidad de vida de la población hondureña y a proteger nuestro medio ambiente.

Atentamente,

Lucky Medina

Ministro de SERNA

Siglas y acrónimos

Se presenta una lista de acrónimos y siglas utilizados en la Guía de Buenas Prácticas Ambientales:

APS	Agua Potable y Saneamiento
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BPA	Buenas Prácticas Ambientales
CONASA	Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento
DECA	Dirección de Evaluación y Control Ambiental
EDAR	Estación de Depuración de Aguas Residuales
ERSAPS	Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento
FIME	Filtración en Múltiples Etapas
FHIS	Fondo Hondureño de Inversión Social
GBPA	Guía de Buenas Prácticas Ambientales
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
SINEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
PLANASA	Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UMA	Unidad Municipal Ambiental

Introducción

Las Guías de Buenas Prácticas Ambientales son una herramienta importante en Honduras para orientar a todas las partes involucradas en el sector de agua potable y saneamiento (APS) sobre cómo tomar medidas efectivas y seguir recomendaciones que garanticen la sostenibilidad y reduzcan el impacto ambiental de estos servicios. Estas guías específicas para el sector de APS han sido desarrolladas con el propósito de simplificar y agilizar los procesos de licenciamiento ambiental requeridos por la ley en línea con los nuevos enfoques y requisitos ambientales en Honduras. Su objetivo es proporcionar directrices claras y específicas para cumplir con los requisitos legales y, al mismo tiempo, adaptarse a los cambios y actualizaciones en la evaluación y gestión ambiental del sector de APS en el país.

Esta Guía brinda a los empresarios, proponentes, diseñadores, constructores y operadores la oportunidad de comprometerse con la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) para construir y operar infraestructura de APS de manera sostenible y resiliente ante los efectos del cambio climático.

En este sentido, **la Guía está enfocada en sistemas de agua potable con una capacidad de represas menor a 5 hm³ y saneamiento con una capacidad de depuración menor o igual a 250 m³/día, brindando recomendaciones específicas para estos sistemas de baja escala.** La Guía consta de cuatro secciones principales:

SECCIÓN



Generalidades

Brinda información general sobre la importancia de la Guía como herramienta de gestión eficiente. Aquí se definen los objetivos de la Guía, se describen los requisitos para su implementación y se presentan conceptos clave de resiliencia climática y el marco para los proyectos de agua potable y saneamiento. Esta sección es esencial para comprender el propósito y alcance de la Guía.

SECCIÓN



Buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento

Esta sección se centra en las buenas prácticas ambientales, incluyendo un conjunto no exhaustivo de medidas o recomendaciones para prevenir, mitigar, corregir o compensar los principales impactos ambientales generados por los proyectos APS en cada etapa del ciclo de proyecto. Las medidas han sido recopiladas y recomendadas por prestadores de servicios APS y especialistas en evaluaciones de impacto ambiental certificados, y han sido utilizadas y validadas para mitigar y/o corregir los impactos ambientales de los proyectos en el entorno.

SECCIÓN



La resiliencia de los Sistemas APS ante los efectos del cambio climático

En esta sección se describen las medidas necesarias para mejorar la resiliencia climática de los proyectos de agua potable y saneamiento, considerando los enfoques de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC). Se presentan recomendación

SECCIÓN



Estrategias de Respuestas ante Desastres Naturales para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento

En esta sección se discuten las estrategias para responder a desastres naturales y rehabilitar los sistemas de agua potable y saneamiento. Se describen las etapas y acciones clave para evaluar rápidamente los daños y necesidades.

En resumen, esta Guía de buenas prácticas ambientales es un valioso recurso para el sector de agua potable y saneamiento en Honduras, que brinda una orientación clara y detallada sobre cómo diseñar, construir y operar proyectos APS de manera sostenible y resiliente. Al adoptar las recomendaciones y medidas descritas en esta Guía, los actores involucrados pueden contribuir a un futuro más sostenible y seguro para las comunidades que dependen de los servicios APS.

SECCIÓN I: Generalidades

La Sección I de la GBPA se enfoca en aspectos generales, proporcionando información relevante acerca de la importancia de la Guía como una herramienta de gestión eficiente. En esta sección, se definen de manera clara los objetivos de la Guía y se describen los requisitos necesarios para su implementación y adopción efectiva. Además, se abordan conceptos de resiliencia climática y se contextualiza el marco para los proyectos de agua potable y saneamiento, junto con antecedentes del sector. La Sección I resulta fundamental para comprender el propósito y alcance de la Guía, y constituye un punto de referencia esencial para el contenido del resto del documento.



Actividades colectivas
de restablecimiento
de componentes después
de daños por tormenta

1. Objetivos y conceptos de la Guía de buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento resilientes al clima

1.1 Objetivo General

Contar con una Guía de Buenas Prácticas Ambientales para impulsar la autogestión y autorregulación en proyectos de agua potable y saneamiento resilientes al clima, enfocándose en sistemas de agua potable con capacidad menor o igual a 5 hm³ y saneamiento con capacidad menor o igual a 250 m³/día. Esta guía servirá como referencia conceptual para autoridades ambientales y actores del sector, estableciendo criterios unificados en la planificación, evaluación y control ambiental, promoviendo la sostenibilidad y resiliencia en el suministro de servicios esenciales.

1.2 Objetivos específicos

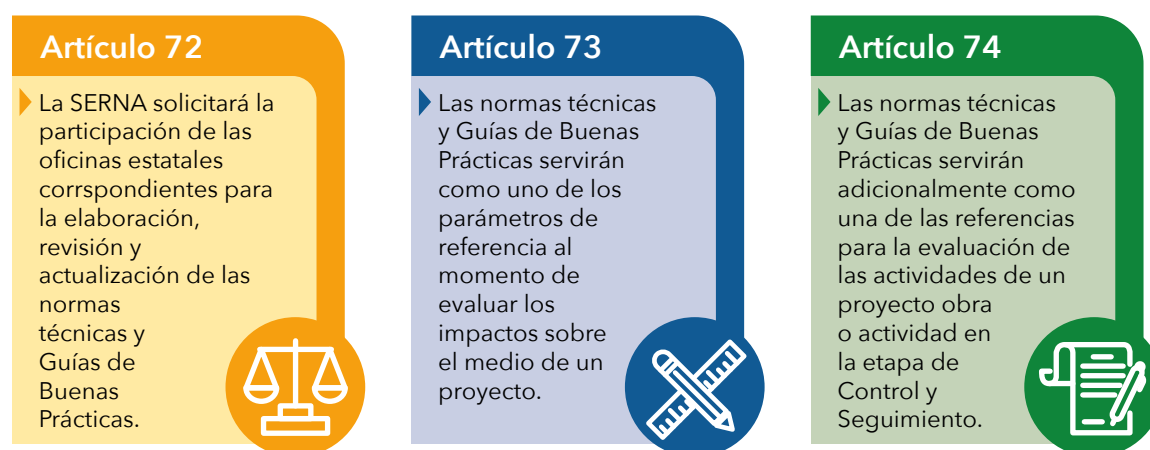
- ▶ Ayudar a identificar y reducir los riesgos de desastres naturales a los que están expuestos los sistemas de agua potable y saneamiento, mediante la identificación e implementación de medidas de prevención y mitigación adecuadas al contexto.
- ▶ Constituirse en un instrumento técnico y de cumplimiento voluntario para facilitar los procesos de licenciamiento ambiental de los proyectos destinados al sector de Agua Potable y Saneamiento.
- ▶ Introducir el concepto de buenas prácticas ambientales y resiliencia climática en el sector de Agua Potable y Saneamiento, desde el análisis de la factibilidad hasta la puesta en marcha y posterior ampliación o cierre de los proyectos.
- ▶ Facilitar a los formuladores de proyectos la incorporación de los enfoques de Riesgo de Desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC) desde la concepción de los proyectos de agua potable y saneamiento básico, identificando las amenazas, vulnerabilidades y las capacidades de afrontamiento que tienen los prestadores de servicio APS y la población beneficiaria; también el desarrollo del análisis de resiliencia en proyectos que no han considerado los enfoques de RRD ACC previamente y, si corresponde, plantear medidas correctivas oportunamente.

- ▶ Brindar orientación a los desarrolladores de proyectos nuevos o de rehabilitación en agua potable y saneamiento sobre la adopción e implementación de medidas y recomendaciones ambientales efectivas, con el fin de garantizar la sostenibilidad de su actividad de servicio y reducir el impacto ambiental, los efectos del cambio climático en la infraestructura y en la disponibilidad del agua, y la gestión de riesgos de desastres.
- ▶ Que la GBPA con los lineamientos antes mencionados, sea adoptada como un instrumento de gestión por la SERNA, UMAs (a nivel nacional), CONASA, ERSAPS, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación, FHIS, Procuraduría del Ambiente, Ministerio Público, Sociedad Civil, Gremiales, AMHON, empresa privada, y demás interesados.

1.3 ¿Qué es una Guía de buenas prácticas ambientales?

La Guía de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA) es un instrumento técnico que brinda recomendaciones para minimizar el impacto ambiental de proyectos, obras o actividades en todas las etapas de su ciclo de desarrollo. La GBPA está respaldada por el Código de Buenas Prácticas Ambientales en Honduras y se promueve a través de los lineamientos ambientales del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SINEIA). La GBPA fue elaborada en un proceso participativo y debe contener recomendaciones específicas para cada etapa del ciclo de desarrollo del proyecto. La implementación de la GBPA contribuye a la sostenibilidad ambiental y reduce el impacto negativo en el ambiente.

Ilustración 1: Artículos en relación a las GBPA estipuladas en el Reglamento del SINEIA



Elaboración: CONASA

Tabla 1: Elementos clave de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales en Honduras

Elementos de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales	Descripción
Propósito	Brindar recomendaciones específicas para minimizar el impacto ambiental de proyectos, obras o actividades en todas las etapas de su ciclo de desarrollo
Apoyo legal	Se respalda por el Código de Buenas Prácticas Ambientales en Honduras
Promoción	Se promueve a través de los lineamientos ambientales definidos en la Tabla de Categorización del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SINEIA)
Participación	Debe ser elaborada en un proceso participativo que involucre a los diferentes actores del sector correspondiente
Ciclo de desarrollo	Debe contener recomendaciones específicas para cada etapa del ciclo de desarrollo del proyecto
Beneficios	Contribuir a la sostenibilidad ambiental y reducir el impacto negativo en el ambiente

1.4 ¿A quién va dirigida la Guía?

La Guía de Buenas Prácticas Ambientales está dirigida a desarrolladores de proyectos de agua potable y saneamiento, prestadores de servicios ambientales, responsables de la operación de los sistemas, autoridades ambientales y técnicos encargados de diseño y construcción.

Tabla 2: Destinatarios y Beneficios de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para proyectos de Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima

A quién está dirigida	Beneficio
Desarrolladores de proyectos nuevos o de ampliación, reconstrucción en agua potable y saneamiento	Orientación en buenas prácticas ambientales para proyectos más sostenibles y resilientes al cambio climático
Prestadores de servicios ambientales que sirven de apoyo a los procesos de análisis ambiental	Herramienta para mejorar la calidad de sus servicios y asesorías en el área de agua potable y saneamiento
Responsables de la operación de los sistemas (prestadores urbanos y juntas de agua)	Guía para implementar prácticas más eficientes y efectivas en la operación de sistemas de agua potable y saneamiento, contribuyendo a la resiliencia frente al cambio climático

A quién está dirigida	Beneficio
Autoridades ambientales pertinentes	Base para monitorear y asegurar el cumplimiento de parámetros ambientales durante la operación de sistemas de agua potable y saneamiento
Técnicos de las Unidades de APS y Ambiente en las diferentes dependencias encargados del diseño y construcción de infraestructura, ordenamiento territorial, servicios públicos, ambiente, etc.	Herramienta para mejorar el diseño, construcción y operación de sistemas de agua potable y saneamiento, aumentando su sostenibilidad y resiliencia al cambio climático

1.5 ¿Por qué es necesaria esta Guía de Buenas Prácticas?

El sector de agua potable y saneamiento es clave para el desarrollo sostenible y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, estas actividades pueden generar impactos ambientales negativos que deben ser gestionados adecuadamente. En Honduras, la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima (GBPA) aborda esta brecha.

La GBPA fomenta proyectos sostenibles en agua potable y saneamiento mediante la promoción de buenas prácticas y la incorporación de resiliencia climática. Algunos beneficios de implementar la GBPA en Honduras se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Beneficios de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Resilientes al Clima (GBPA) en Honduras.

Razones para la necesidad de la Guía	Beneficios de la implementación de la Guía
Promover la sostenibilidad ambiental: La GBPA ayuda a minimizar el impacto ambiental de los proyectos de agua potable y saneamiento a lo largo de todo su ciclo de vida, promoviendo prácticas sostenibles que garantizan el uso eficiente de los recursos naturales.	Reducción del impacto ambiental de los proyectos de agua potable y saneamiento. Uso eficiente de los recursos naturales.
Mejorar la eficiencia de los proyectos: Al incluir criterios ambientales desde el inicio del proyecto, se pueden identificar y mitigar posibles impactos ambientales, reducir costos y optimizar el rendimiento del proyecto.	Reducción de costos. Optimización del rendimiento del proyecto.
Cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales: La GBPA se alinea con las leyes y regulaciones ambientales vigentes, lo que garantiza que los proyectos de agua potable y saneamiento cumplan con los estándares ambientales y evita posibles sanciones.	Cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales. Evita posibles sanciones.

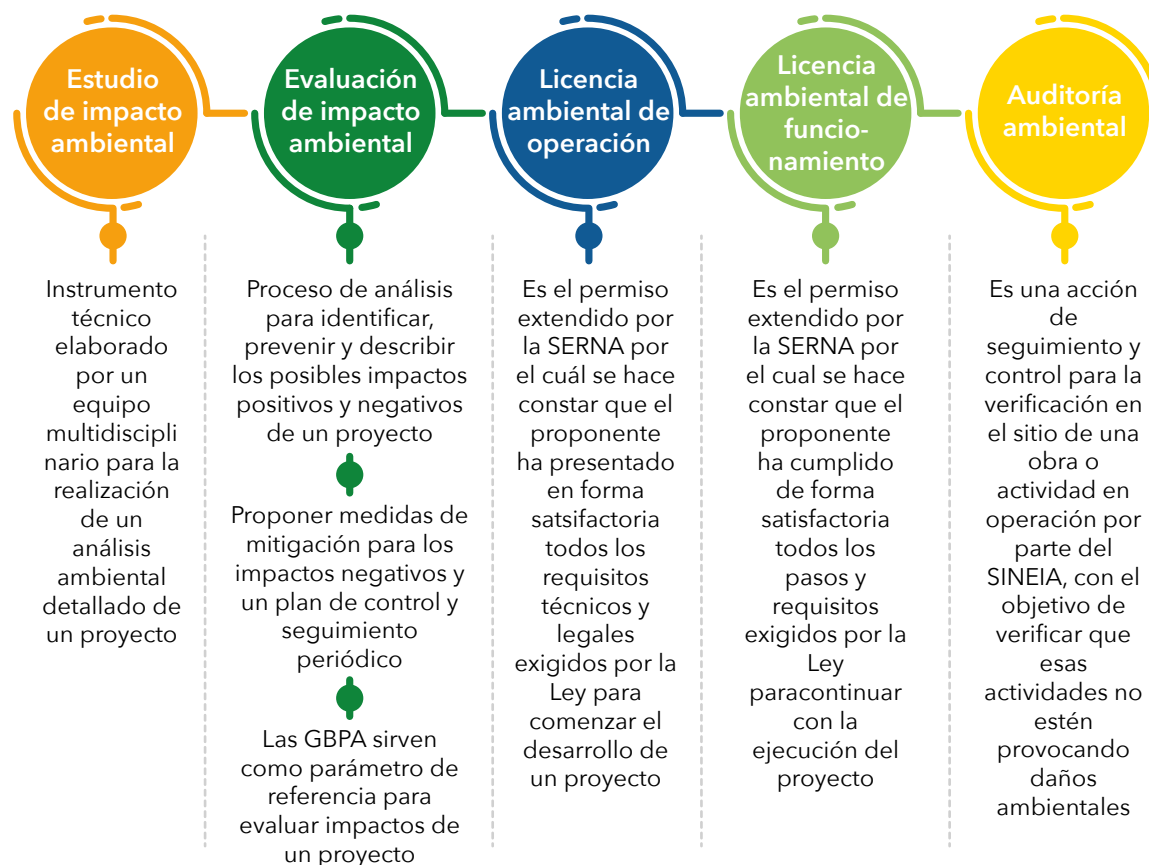
Razones para la necesidad de la Guía	Beneficios de la implementación de la Guía
Reducción del riesgo ambiental: La GBPA incluye medidas de prevención y mitigación de posibles impactos ambientales, lo que reduce el riesgo ambiental asociado a los proyectos de agua potable y saneamiento.	Reducción del riesgo ambiental asociado a los proyectos de agua potable y saneamiento.
Fomento de la responsabilidad social y ambiental: Al implementar una GBPA se promueve una cultura de responsabilidad social y ambiental entre los involucrados en los proyectos de agua potable y saneamiento, lo que contribuye a una gestión ambiental más efectiva y sostenible.	Fomento de una cultura de responsabilidad social y ambiental. Contribución a una gestión ambiental más efectiva y sostenible.
Incorporación de la resiliencia climática	Permite que los proyectos de agua potable y saneamiento sean más resistentes a los impactos del cambio climático, reduciendo su vulnerabilidad y aumentando su adaptabilidad a condiciones climáticas extremas.

1.6 Condiciones y orientación para adoptar esta Guía

1.6.1 La voluntariedad y/o obligatoriedad de la Guía

La Guía de buenas prácticas ambientales contiene lineamientos generales y específicos que son el resultado de consultas con técnicos de sector, prestadores del servicio, usuarios e instituciones normativas; este lineamiento se puede adoptar voluntariamente durante el proceso de obtención o renovación de licencias ambientales en el país. La entidad responsable de dictar la resolución que lo regula es la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). Al adoptar la Guía, el desarrollador del proyecto se compromete a implementar las recomendaciones y notificarlo a la SERNA, lo que simplifica el proceso de licenciamiento y reduce los costos asociados.

Cabe mencionar que, independientemente del licenciamiento ambiental los sistemas APS según su etapa, deben implementar medidas de mitigación, de manera de hacerlos resilientes a los efectos del cambio climático.

Ilustración 2: Evaluaciones de impacto, permisos ambientales y GBPA

Elaboración: CONASA

Para evaluar cuáles buenas prácticas ambientales deben implementarse, el desarrollador del proyecto debe considerar la etapa del proyecto en la que se encuentra:

- 1. Si es un proyecto nuevo:** se debe planificar la implementación de medidas desde la etapa de factibilidad, y las medidas de compensación son voluntarias u obligatorias si se definen como ítem de pago dentro de los contratos de diseño de proyectos nuevos.
- 2. Si el proyecto se encuentra en construcción o ampliación:** se deben implementar medidas de mitigación y corrección correspondientes a dicha etapa.

Las empresas u organizaciones que desarrollan proyectos de infraestructura APS pueden incluir la adopción de la GBPA como parte de los términos de referencia del contrato, y su cumplimiento pasa a ser obligatorio al considerarse como ítem de pago para garantizar su cumplimiento.

3. Si el proyecto ya está en funcionamiento y se desea obtener o renovar la licencia ambiental, o el proyecto se ha visto afectado por fenómenos naturales, se deben implementar medidas de mitigación y corrección de la etapa de operación.

4. Además, si el proyecto está finalizando sus operaciones: se deben implementar las recomendaciones planteadas en la GBPA de la etapa de clausura.

En conclusión, las buenas prácticas ambientales de la Guía se implementarán según la etapa del proyecto. Sin embargo, el incumplimiento de ciertas medidas debe ser técnicamente justificado y demostrado por el desarrollador del proyecto cuando sea solicitado por la autoridad competente. Además, el tipo y la intensidad de los impactos ambientales negativos están condicionados por el tamaño y ubicación del proyecto, por lo que la autoridad ambiental correspondiente puede recomendar medidas adicionales para el desarrollo del proyecto.

Tabla 4: Resumen de Condiciones y Compromisos

Condición/ Compromiso	Descripción
Adopción voluntaria u obligatoria	La Guía de Buenas Prácticas Ambientales puede ser adoptada voluntariamente por los desarrolladores de proyectos, pero también puede ser obligatoria en el proceso de obtención o renovación de licencias ambientales en el país o como parte del contrato de ejecución de un proyecto.
Responsabilidad de la SERNA	La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) es la entidad responsable de dictar la resolución que regula la implementación de la Guía.
Responsabilidad del contratista	Implementar las medidas de la Guía según su Contrato.
Implementación de recomendaciones	La adopción de la Guía está sujeta a la voluntariedad de acuerdo a lo establecido en reglamentación vigente de la SERNA.
Justificación de incumplimiento	En caso de incumplimiento, el desarrollador deberá justificarlo técnicamente ante la autoridad competente.
Etapas de implementación de medidas	Las buenas prácticas ambientales se implementarán en función de la etapa en que se encuentre el proyecto.
Medidas de compensación voluntarias	Las medidas de compensación siempre serán de carácter voluntario.
Recomendaciones adicionales de la autoridad ambiental	La autoridad ambiental correspondiente también tiene la potestad de recomendar otro tipo de buenas prácticas ambientales o medidas adicionales para el desarrollo del proyecto en función del tipo y la intensidad de los impactos ambientales negativos.
Adopción por empresas u organizaciones de infraestructura APS	Las empresas u organizaciones que desarrollan proyectos de infraestructura APS pueden incluir como parte de sus requisitos de contratación la adopción de la GBPA, incluso como ítem de pago para garantizar su cumplimiento.

2. Conceptos de resiliencia climática

La resiliencia climática combina medidas de mitigación y adaptación. La mitigación reduce emisiones de gases de efecto invernadero mientras que la adaptación mejora la capacidad de un sistema para resistir y recuperarse de los efectos del cambio climático. Estrategias para aumentar la resiliencia incluyen medidas estructurales y no estructurales como la construcción de infraestructura sostenible, conservación de ecosistemas y capacitación para la conciencia sobre el cambio climático. Los sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al cambio climático están diseñados para resistir eventos climáticos extremos y brindar un suministro seguro de agua potable y saneamiento.

Algunas estrategias para mejorar la resiliencia de los sistemas de agua potable al cambio climático son:

- 1 Diversificación de fuentes de agua:** exploración de nuevas fuentes de agua superficiales o subterránea para reducir la dependencia de una sola fuente.
- 2 Construcción de infraestructura resistente:** diseño de presas, represas, acueductos y sistemas de alcantarillado capaces de resistir eventos climáticos extremos.
- 3 Gestión del riesgo:** identificación, análisis y planificación frente a los riesgos asociados con el cambio climático.
- 4 Monitoreo y seguimiento:** implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana para detectar cambios en caudales, calidad del agua y patrones climáticos.
- 5 Educación y capacitación:** formación de operadores de sistemas de agua potable, trabajadores y comunidades sobre los riesgos del cambio climático y medidas para aumentar la resiliencia.

La siguiente tabla resume la información sobre la evolución del enfoque y marco conceptual de amenazas, vulnerabilidades, riesgos y desastres, así como la importancia de la gestión integral de riesgos para aumentar la seguridad y la sostenibilidad en el desarrollo. También se explican los conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad y la resiliencia al cambio climático, incluyendo algunas estrategias para mejorarla.

Tabla 5: Conceptos clave en la gestión integral de riesgos y resiliencia al cambio climático

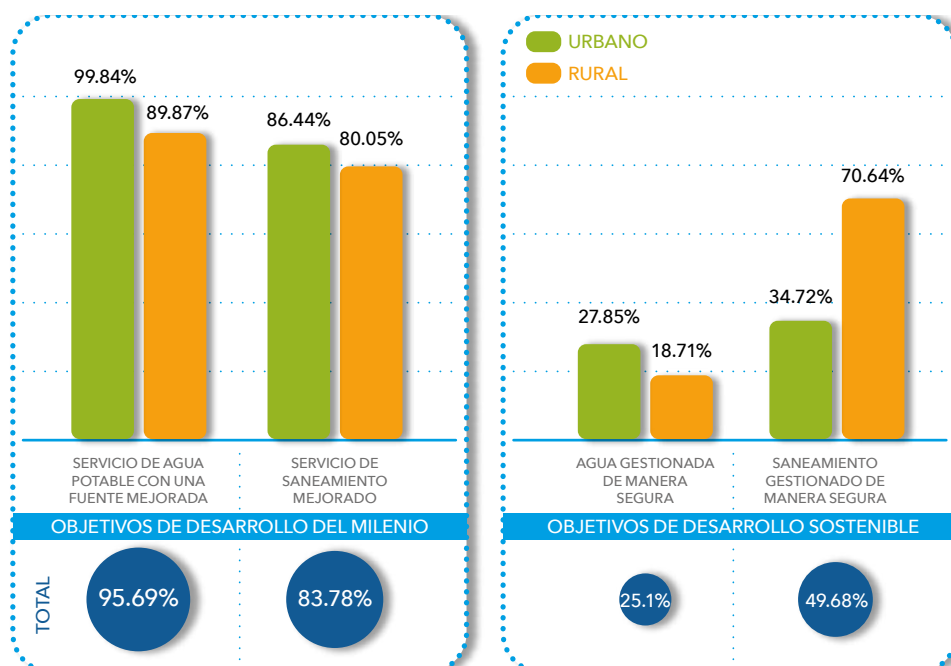
Tema	Contenido	Significado
Evolución del enfoque y marco conceptual	Transición de atención a emergencias hacia gestión integral de riesgos y reducción de desastres	Establecimiento de conexiones entre riesgos y desarrollo para incrementar la seguridad y sostenibilidad en los procesos de desarrollo.
Gestión de riesgos	Transformación de condiciones de riesgo existentes para disminuir la probabilidad de futuros desastres	Identificación, análisis y comprensión de las condiciones de vulnerabilidad con el objetivo de reducir y prevenir la probabilidad de desastres.
Conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad	Riesgo como potencial pérdida o daño debido a eventos peligrosos determinados por la vulnerabilidad	Amenaza como posible peligro de un evento físico natural o causado por acciones humanas accidentales, y vulnerabilidad como debilidad o fragilidad de una comunidad en relación a su capacidad para resistir y recuperarse de eventos físicos peligrosos.
Resiliencia al cambio climático	Capacidad de sistemas, comunidades o sociedades para resistir, adaptarse y recuperarse de los efectos del cambio climático	Alcanzada a través de medidas combinadas de mitigación y adaptación, como construcción de infraestructuras resilientes, conservación y restauración de ecosistemas naturales, y educación y capacitación.
Sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al cambio climático	Diseño y construcción para resistir, adaptarse y recuperarse de los efectos del cambio climático	Capacidad de los sistemas para mantener un suministro seguro y confiable de agua potable y sistemas de saneamiento eficientes, a pesar de eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, olas de calor y otros eventos extremos.

3. Contexto para los proyectos de agua potable y saneamiento

3.1 Antecedentes del sector

Citando al Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento “PLANASA 2022-2030”¹, respecto a datos de cobertura, el cual expone resultados del Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento del Agua, el Saneamiento y la Higiene (JMP) de la OMS/ UNICEF 2021², para el 2020 la cobertura del servicio de agua potable con una fuente mejorada se estimó en un promedio nacional de 95.69% (99.84% urbana y 89.87% rural); respecto de la cobertura del servicio provisto de manera segura, esta solo pudo ser estimada para el área rural en 18.71%. Este último dato se ve reforzado por el último informe de país para la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento (LATINOSAN) 2019, en el que se reportó que la cobertura nacional del servicio gestionado de manera segura resultó del 9.84% (9.95% urbana y 9.72% rural).

Ilustración 3: Resultados de cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento PLANASA 2022-2030



- 1 Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento “PLANASA 2022-2030”, <http://conasa.hn/wp-content/uploads/2022/09/Plan-nacional-de-agua-potable-9SEP2022.pdf>
- 2 Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento del Agua, el Saneamiento y la Higiene (JMP) de la OMS/ UNICEF 2021, <https://washdata.org/report/jmp-2021-wins-country-consultation-es>

Según PLANASA, la cobertura de agua potable y saneamiento en Honduras es satisfactoria en términos de “servicios mejorados”, pero no en “agua gestionada de manera segura” (ODS 6.1). El cambio climático y desastres naturales, como los huracanes Eta e Iota, han afectado la infraestructura y acceso al agua potable y saneamiento para 2.5 millones de personas. Estos problemas impactan especialmente a mujeres e infantes. Se requiere abordar estos desafíos con lineamientos nacionales de resiliencia y eficiencia. El CONASA y el BID han desarrollado la Guía de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA) como apoyo técnico en este sector.

Tomando en cuenta que los sistemas de agua potable menores de 5.0 hm³ y saneamiento menores o iguales a 250 m³/día, Pueden tener el estudio, pero ya no necesitan realizar el trámite de obtención de licencia ambiental. Para sistemas de alcantarillado sigue siendo requerido. Se hace necesario elaborar una Guía de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA) para este tipo de proyectos. Ante esto, El Consejo Nacional de Agua potable y Saneamiento (CONASA), con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), han desarrollado la presente GBPA, como instrumento de apoyo técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS6), de los cuales Honduras es signatario.

4. Tipos de sistemas de agua potable y saneamiento

Esta guía se enfoca en evaluar y recomendar prácticas ambientales efectivas para garantizar una gestión sostenible de los sistemas de agua potable y saneamiento. Por ende, daremos sus respectivos conceptos:

Los sistemas de agua potable: son conjuntos de infraestructuras y tecnologías diseñadas para capturar, tratar y distribuir agua potable a una población. Estos sistemas son esenciales para garantizar la salud y bienestar de las personas y pueden ser por gravedad, por bombeo o combinados

Sistema de saneamiento: es un conjunto de instalaciones, tecnologías y prácticas encargadas de recolectar, tratar y descargar los residuos líquidos y sólidos generados por las actividades humanas, con el objetivo de proteger la salud pública y el medio ambiente. Este sistema puede incluir la construcción y gestión de alcantarillados, plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de disposición final de residuos y programas de gestión de los residuos sólidos.

4.1 Tipos de sistemas de agua potable

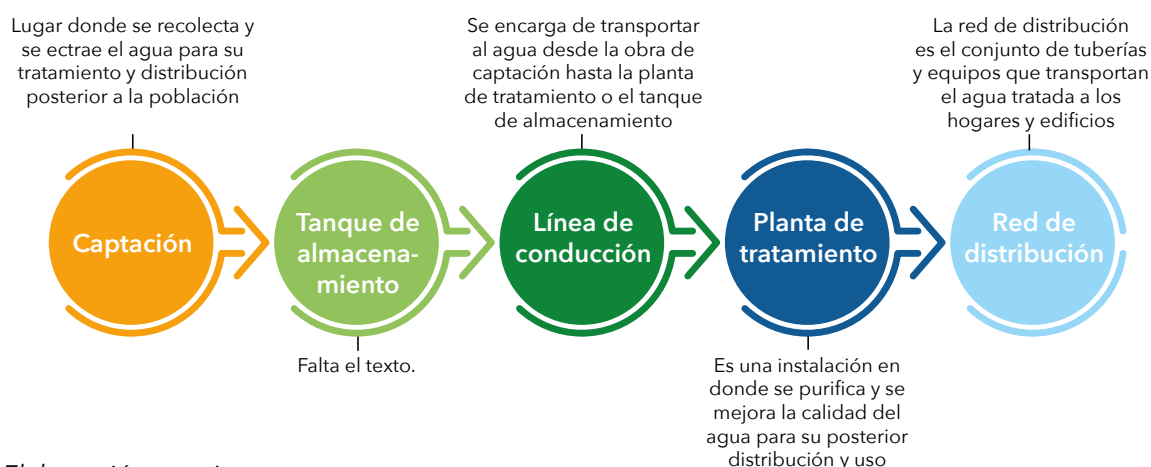
En la prestación de servicios de agua potable, existen diversos sistemas que se pueden implementar para garantizar un suministro adecuado de agua potable a las comunidades. En esta sección, se describen los tres tipos principales de sistemas de agua potable: por gravedad, por bombeo y combinados o mixtos. Cada uno de estos sistemas tiene sus ventajas y desventajas, y es importante considerar los factores relevantes como la ubicación geográfica, la disponibilidad de recursos y la infraestructura existente antes de elegir un sistema en particular.

A continuación, se presentan los distintos sistemas de agua potable:

1. **Sistema de agua potable por gravedad:** El agua se obtiene directamente de una fuente y se almacena en un tanque. La gravedad permite que el agua fluya hacia los puntos de consumo sin necesidad de una bomba u otro dispositivo mecánico. Este tipo de sistema es adecuado para áreas remotas o con poca infraestructura y puede ser utilizado para suministrar agua a pequeñas comunidades.
2. **Sistema de agua potable por bombeo:** Es un sistema que bombea agua desde una fuente (como un acuífero o un río) hasta otro componente del sistema de agua potable.
3. **Sistemas de agua potable combinados/mixtos:** Son sistemas de agua que presentan las dos condiciones de funcionamiento; por gravedad y por bombeo.

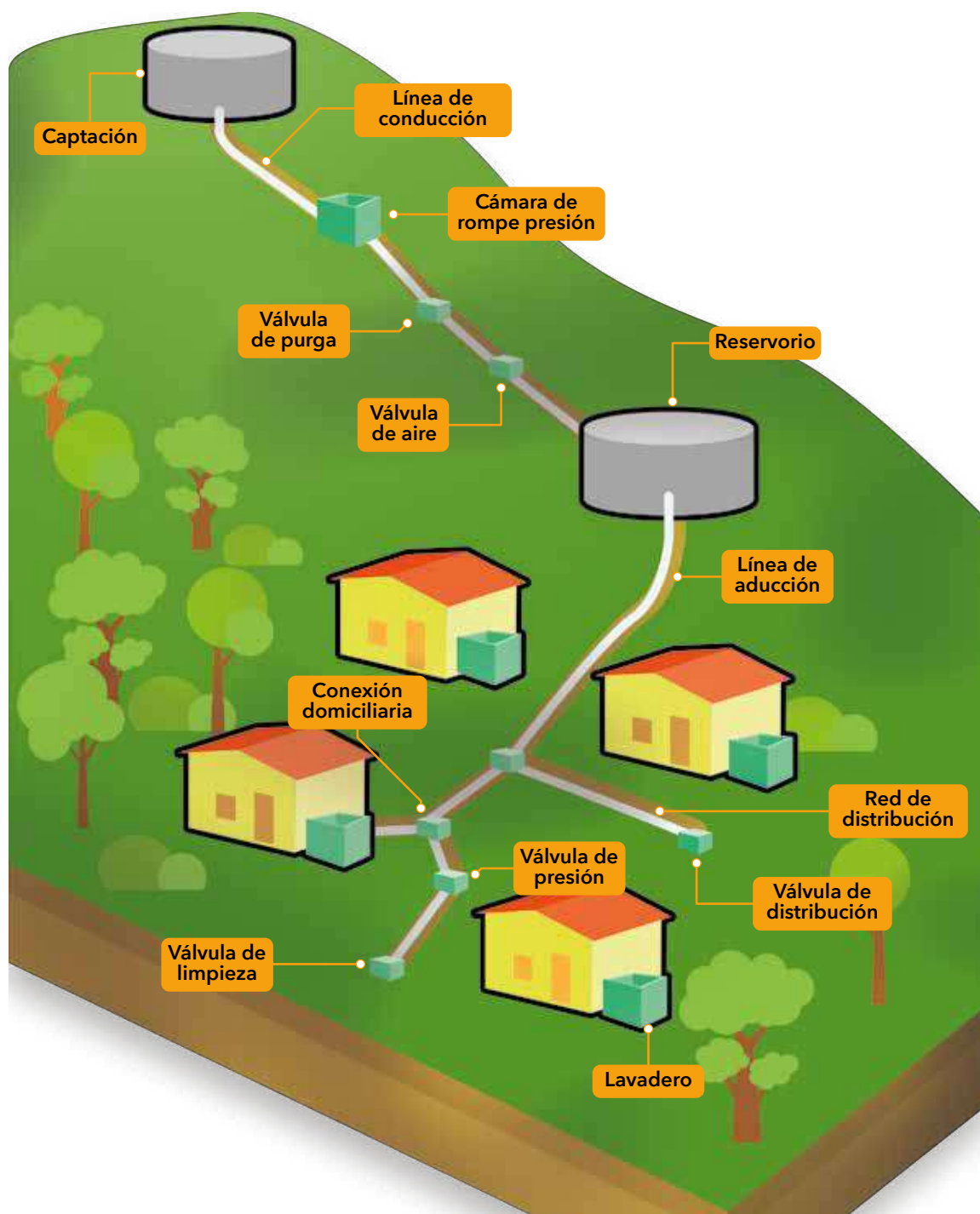
4.2 Componentes de un sistema de agua potable por gravedad y PTAP

Ilustración 4: Componentes de un sistema de agua potable y PTAP



Elaboración propia.

Ilustración 5: Componentes de un sistema de agua potable



Fuente: OPS Área de desarrollo sostenible y salud ambiental. CEPIS. Asociación Servicios educativos Rurales. Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. Lima, Setiembre 2009.

Tabla 6: Tabla resumen de los tipos de Sistemas de AP

Sistema de agua potable	Descripción	Componentes principales
Por gravedad	El agua se obtiene directamente de una fuente y se almacena en un tanque. La gravedad permite que el agua fluya hacia los puntos de consumo sin necesidad de una bomba u otro dispositivo mecánico. Este tipo de sistema es adecuado para áreas remotas o con poca infraestructura y puede ser utilizado para suministrar agua a pequeñas comunidades.	Fuente de agua, tanque de almacenamiento, línea de conducción, red de distribución, desinfección.
Por bombeo	El agua se bombea desde una fuente (como un acuífero o un río) hasta otro componente del sistema de agua potable.	Fuente de agua, bomba, tanque de almacenamiento, línea de conducción, red de distribución, desinfección.
Combinados/ mixtos	Son sistemas de agua que presentan las dos condiciones de funcionamiento: por gravedad y por bombeo.	Captación de manantial, desarenador, sedimentador, planta de tratamiento, pre-filtros, filtros lentos, tanque de almacenamiento, cloración, línea de conducción, red de distribución, cámara distribuidora de caudales y cámara de reunión.

4.3 Tipos de sistemas de Saneamiento

Se enumerarán los distintos sistemas saneamiento:

- ▶ Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales
- ▶ Letrina de pozo seco (fosa simple, aboneras)
- ▶ Inodoro o letrinas de cierre hidráulico.

4.3.1 Sistema de alcantarillado con red colectora y PTAR

Es un sistema diseñado para recoger y tratar las aguas residuales domésticas e industriales antes de su descarga en cuerpos de agua naturales. La red colectora recoge las aguas residuales y las conduce a la planta de tratamiento, donde se realiza un proceso de depuración para eliminar contaminantes y reducir la carga bacteriana antes de su descarga en un río o mar. Este tipo de sistema ayuda a proteger la calidad del agua y a prevenir la contaminación del medio ambiente.

4.3.2 Letrina de pozo seco

La letrina de pozo seco es un sistema simple y económico que consiste en un hoyo excavado en el suelo, revestido o cubierto con una losa o asiento. Para minimizar los olores y disminuir la presencia de moscas, se puede agregar una tubería de ventilación. Este tipo de letrina es adecuado para áreas rurales o de baja densidad poblacional y recursos limitados. Sin embargo, en zonas periurbanas con bajos recursos, las letrinas de pozo seco podrían no ser la mejor opción, ya que pueden generar problemas adicionales, como la escorrentía de aguas grises.

Los componentes de las letrinas de pozo seco son los siguientes:

1. **Caseta:** es el espacio destinado para el uso de una letrina, que alberga la taza y es fundamental para garantizar la privacidad e higiene en el proceso de eliminación de desechos. La presencia de una caseta es fundamental en áreas donde no hay acceso a sistemas de saneamiento y se recurre a soluciones de letrinas para el manejo de desechos.
2. **Pozo seco:** es un sistema de eliminación de excretas sin conexión a un sistema de alcantarillado. Se compone de un pozo excavado en un suelo permeable que permite la infiltración y el tratamiento biológico de las excretas. La ventilación del pozo a través de una tubería ayuda a reducir los malos olores y a prevenir la presencia de vectores. Este sistema es adecuado para zonas rurales o donde no hay acceso a un sistema de alcantarillado.
3. **Tubería de ventilación:** es un componente importante de un sistema de saneamiento básico, que ayuda a garantizar una gestión higiénica y segura de las excretas humanas. Esta tubería permite la eliminación de los malos olores y la prevención de la presencia de moscas, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida y la salud de las personas.

4.3.3 Inodoro o letrinas de cierre hidráulico

Es un sistema de evacuación de aguas residuales domésticas que utiliza agua para transportar desechos fecales y urinarios hacia un tanque séptico o biodigestor. Esta opción es adecuada para zonas con baja densidad poblacional, brindando una solución eficiente y sanitaria para el manejo de los residuos.

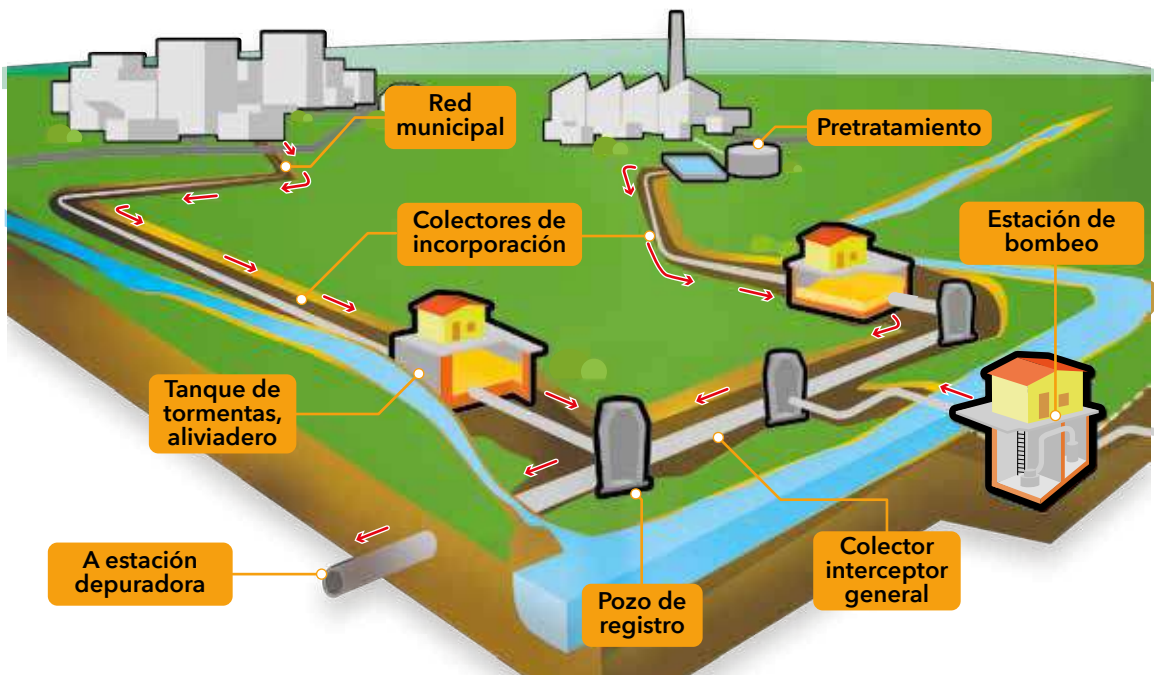
Los componentes son los siguientes:

- **Caseta:** La caseta es un espacio dedicado a alojar las instalaciones sanitarias domésticas. Estas instalaciones incluyen inodoros y otros elementos de saneamiento que permiten el tratamiento de las aguas residuales.
- **Pozo séptico:** es un componente importante de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, que permite la sedimentación y percolación de las aguas residuales en un suelo permeable. Este proceso ayuda a mejorar la calidad de las aguas residuales antes de su disposición final en el medio ambiente.

Tabla 7: Resumen de tipos de sistemas de saneamiento

Tipo de sistema de saneamiento	Descripción
Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales	Diseñado para recoger y tratar las aguas residuales domésticas e industriales antes de su descarga en cuerpos de agua naturales. Los componentes incluyen conexión pre domiciliaria, red colectora, caja de registro, emisor, cámara de rejas, sistema de tratamiento.
Letrina de pozo seco	Un sistema de letrinas que se utiliza para la eliminación y disposición de excretas en áreas donde no hay acceso a un sistema de alcantarillado. Los residuos se depositan en un pozo seco y se cubren con material de compostaje.
Inodoro o letrinas de cierre hidráulico	Un sistema de eliminación y disposición de excretas que no se conecta a un sistema de alcantarillado. Pueden ser instalados en áreas rurales o en lugares donde no se dispone de un sistema de alcantarillado.

Ilustración 6: Esquema Red de saneamiento Municipal (MITECO)



5. Etapas de los proyectos de los sistemas de agua potable y saneamiento

En un proyecto de agua potable y saneamiento, el tipo y grado de intensidad de un impacto ambiental negativo puede ser ocasionado por la inadecuada planificación de las actividades; por lo tanto, se evaluará los impactos ambientales por las siguientes etapas:



La etapa de pre y factibilidad/diseño: La etapa de pre-factibilidad y diseño es esencial para asegurar un impacto ambiental mínimo en los proyectos de sistemas de agua potable y saneamiento. Durante esta fase, los planificadores deben adoptar un enfoque de sostenibilidad, empleando recursos y servicios de manera eficiente y minimizando los efectos negativos sobre el medio ambiente. En esta etapa, se identifican las necesidades de abastecimiento y se evalúan diversas alternativas de suministro de agua, además de cuantificar el costo asociado a cada opción.



Etapa de construcción: Durante la etapa de construcción, se generan impactos ambientales negativos. El suelo es el recurso más afectado debido a las actividades específicas como el acondicionamiento del terreno, la cimentación y la construcción de la infraestructura.



Etapa de operación: Durante la etapa de operación se espera un impacto limitado en el ambiente. Sin embargo, es importante establecer medidas de control y monitoreo para garantizar su sostenibilidad y minimizar cualquier posible impacto negativo.



La etapa de cierre o clausura: pueden tener impactos ambientales, dependiendo de cómo se planifiquen las actividades del desarrollador del proyecto. Es crucial que se consideren medidas adecuadas para minimizarlos.

Tabla 8: Resumen de etapas, potenciales impactos ambientales y algunas medidas preventivas generales en un proyecto de agua potable y saneamiento (basado en experiencias del sector APS)

Etapa del Proyecto	Tipo de Potencial de Impacto Ambiental Negativo	Medidas Preventivas
Prefactibilidad y diseño 	Bajo	Utilizar un enfoque de sostenibilidad, evaluar los impactos ambientales, utilizar recursos y servicios de manera eficiente y evitar impactos negativos en el medio ambiente.
Construcción 	Alto	Acondicionar el terreno de manera responsable, utilizar técnicas de construcción amigables con el ambiente, minimizar la erosión del suelo y la contaminación del aire y agua.
Operación 	Bajo	Establecer medidas de control y monitoreo, minimizar los riesgos ambientales, asegurar una operación eficiente y responsable.
Ampliación, cierre o abandono 	Alto	Planificar adecuadamente las actividades del desarrollador del proyecto, evaluar los impactos ambientales y considerar medidas adecuadas para minimizarlos.



Ejemplo de errores
en alineamientos de
tubería AP.

SECCIÓN II:

Buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento

La Sección de Buenas Prácticas Ambientales (BPA) tiene como objetivo principal fomentar la adopción de acciones que mejoren la eficiencia ambiental en los sistemas de suministro de agua potable y saneamiento, reduciendo así su impacto en el medio ambiente. Además, estas prácticas contribuyen a elevar la calidad del servicio y fortalecer la resiliencia de los sistemas.

Aquí se describen las buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento, desde la etapa de Factibilidad hasta la de Cierre. También se abordarán aspectos clave como la selección del lugar de construcción, el uso de tecnologías y materiales sostenibles, la gestión de residuos, la protección de los cuerpos de agua y la capacitación de las comunidades locales.

Incorporar estas prácticas en los proyectos de agua potable y saneamiento permitirá minimizar su impacto ambiental, reducir la huella de carbono, asegurar la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos a largo plazo y fortalecer la resiliencia de los sistemas y comunidades. Al final, se logrará una gestión ambientalmente sostenible y eficiente del agua y el saneamiento.

6. Principales impactos positivos y negativos del sector de APS

Los proyectos de sistemas de agua potable y saneamiento tienen un impacto positivo en las comunidades, ya que contar con un suministro seguro de agua potable reduce la exposición a enfermedades. La falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado es una de las principales causas de muerte en todo el mundo, especialmente entre niños menores de cinco años. Al mejorar el acceso a agua potable, se permite a mujeres y niñas ahorrar tiempo y dedicarlo a estudiar, lo que aumenta la alfabetización. Las instalaciones sanitarias en las escuelas también fomentan la asistencia escolar de las niñas y disminuyen la deserción escolar.

En general, el sector de agua potable y saneamiento puede tener un impacto positivo significativo en la salud, la equidad de género, la educación, la reducción de la pobreza y el desarrollo económico de las comunidades.

Tabla 9: Principales Impactos positivos del Sector de APS

Principales impactos positivos del sector de agua potable y saneamiento	Efectos	Impactos específicos en Honduras
Mejora de la salud pública y reducción de enfermedades relacionadas con el agua contaminada.	Reducción de la incidencia de enfermedades diarreicas agudas y otras enfermedades transmitidas por el agua.	Según el Informe de Desarrollo Humano de Honduras de 2020, el acceso al agua potable mejoró del 71% en 2006 al 82% en 2019, lo que ha contribuido a reducir la incidencia de enfermedades diarreicas y mejorar la salud pública.
Reducción de la mortalidad infantil debido a enfermedades relacionadas con el agua contaminada.	Reducción de la mortalidad infantil.	Entre 2005 y 2019, la tasa de mortalidad infantil en Honduras disminuyó de 25 a 17 muertes por cada 1,000 nacidos vivos, lo que se atribuye en parte a la mejora del acceso al agua potable y saneamiento.
Mejora de la calidad de vida y bienestar de las comunidades al tener acceso a agua limpia y saneamiento adecuado.	Mejora de la calidad de vida y bienestar de las comunidades.	El acceso al agua potable y saneamiento ha mejorado la calidad de vida y el bienestar de las comunidades en Honduras, especialmente en áreas rurales, donde el acceso al agua y saneamiento era limitado.

Principales impactos positivos del sector de agua potable y saneamiento	Efectos	Impactos específicos en Honduras
Reducción de la carga de trabajo de las mujeres y los niños al tener acceso a instalaciones sanitarias cercanas y seguras.	Reducción de la carga de trabajo de las mujeres y los niños.	Las mujeres y los niños en Honduras a menudo tienen que caminar largas distancias para obtener agua y buscar lugares adecuados para la eliminación de residuos. El acceso a instalaciones sanitarias cercanas y seguras reduce esta carga de trabajo y les permite dedicar más tiempo a la educación y otras actividades productivas.
Mejora de la equidad de género al reducir la brecha de género en la recolección de agua y el saneamiento.	Reducción de la brecha de género en la recolección de agua y saneamiento.	La mejora del acceso al agua potable y saneamiento ha reducido la brecha de género en la recolección de agua y saneamiento en Honduras, especialmente en áreas rurales, donde las mujeres y las niñas a menudo llevan la carga de la recolección de agua y saneamiento.
Fomento del desarrollo económico al mejorar la productividad laboral y reducir los costos de atención médica.	Mejora de la productividad laboral y reducción de los costos de atención médica.	El acceso al agua potable y saneamiento mejora la productividad laboral y reduce los costos de atención médica en Honduras, ya que las personas son más saludables y tienen más tiempo y energía para dedicar a actividades productivas.
Reducción de la contaminación ambiental al evitar la eliminación inadecuada de residuos humanos y el uso excesivo de recursos hídricos.	Reducción de la contaminación ambiental.	El acceso al agua potable y saneamiento ha reducido la contaminación ambiental en Honduras al evitar la eliminación inadecuada de residuos humanos y el uso excesivo de recursos hídricos.

6.1 Principales posibles impactos negativos

Los principales impactos negativos de los proyectos de agua potable y saneamiento son:

Tabla 10: Identificación de impactos ambientales por Etapas

Etapas	Impactos Ambiental	Impactos Socioeconómico Positivos	Impactos Socioeconómico Negativos
Factibilidad / Diseño 	Planificación puede identificar los riesgos potenciales del proyecto hacia el ambiente y viceversa.	- Sistemas de agua potable y saneamiento para evitar enfermedades. - Ordenamiento del uso del agua. - Disminución de la sobreexplotación de acuíferos.	Ninguno significativo.
Construcción 	- Contaminación del agua, aire y suelo. - Pérdida de la estructura paisajística. - Excavación, tala de vegetación arbórea y defecación al aire libre.	Uso racional de los recursos cumpliendo las leyes y normas técnicas ambientales.	Ninguno significativo.
Operación 	- Pérdida de la estructura paisajística. - Contaminación por vertidos. - Sobreexplotación de acuíferos.	- Generación de empleos directos e indirectos. - Desarrollo económico local. - Mayor actividad comercial. - Mayor desarrollo de vivienda. - Mejorar la salud y calidad de vida de la comunidad del proyecto. - Disminución del acarreo de agua y trabajo infantil.	Ninguno significativo.
Cierre y clausura 	Contaminación del agua y suelo por mal manejo de los desechos.	Reducción en la presión de recursos de la zona.	- Pérdida de empleos. - Disminución en el desarrollo local.

7. Buenas prácticas ambientales para proyectos de agua potable y saneamiento por etapas de Proyecto

7.1 Codificación de requerimientos y buenas prácticas ambientales

La codificación de requerimientos y buenas prácticas ambientales en proyectos de agua potable y saneamiento se realiza siguiendo el patrón recomendado por la SERNA y en consulta previa y socializada. Estos requerimientos y recomendaciones, aplicables en las distintas etapas del proyecto, están identificados por códigos alfanuméricos para facilitar su referencia tanto por parte de los proponentes o desarrolladores del proyecto como por los funcionarios de la SERNA.

La codificación se basa en las iniciales de cada etapa del proyecto: Factibilidad (F), Diseño (D), Construcción (C), Operaciones (O) y Cierre (CI), y en las iniciales que especifican si se trata de un Requerimiento (R) o de una buena práctica de Prevención (P), Mitigación (M) o Corrección (C). Cada código incluye además un número correlativo que indica la medida correspondiente en cada etapa.

A continuación, se presentan las tablas con los códigos utilizados para identificar los requerimientos y buenas prácticas en cada una de las etapas del proyecto:

Tabla 11: Códigos de las Etapas

Etapa	Código
Factibilidad	F
Diseño	D
Construcción	C
Operaciones	O
Cierre	CI

Tabla 12: Código de Buenas Prácticas

Etapa	Código
Requerimiento	R
Prevención	P
Mitigación	M
Corrección	C

Tabla 13: Significado de los códigos de requerimientos y buenas prácticas para cada etapa

Código	Significado
FR	Requerimiento para la etapa de Factibilidad
DP	Buenas prácticas de Prevención para la etapa de Diseño
CM	Buenas prácticas de Mitigación para la etapa de Construcción
OM	Buenas prácticas de Mitigación para la etapa de Operación
CIM	Buenas prácticas de Mitigación en la etapa de Cierre

8. Buenas prácticas en la etapa de factibilidad (F)

La implementación de sistemas de agua potable y saneamiento es esencial para garantizar el acceso a estos servicios básicos en cualquier comunidad. Sin embargo, para asegurar la eficacia y sostenibilidad a largo plazo de estos proyectos, es crucial cumplir con una serie de requisitos y regulaciones. Uno de estos aspectos incluye la legalización de todas las servidumbres para los diferentes elementos del sistema. Este contexto, este texto aborda diez códigos de requerimientos que deben ser considerados durante la etapa de factibilidad del proyecto. Estos abarcan desde la adecuada documentación de las redes de agua potable y alcantarillado hasta el establecimiento de planes de monitoreo y evaluación. Estos códigos buscan garantizar la protección del medio ambiente, la preservación del patrimonio arqueológico, la participación de la comunidad local y la viabilidad financiera del proyecto.



Sistema de recolección y almacenamiento de agua lluvia en módulos sanitarios de escuelas rurales.

En resumen, estos códigos son fundamentales para asegurar que los proyectos de sistemas de agua potable y saneamiento se implementen de manera efectiva y sostenible a largo plazo.

Tabla 14: Buenas prácticas en la etapa de factibilidad (F)

Código	Requerimiento	Explicación
FR-1	Cumplir con las normativas establecidas por el Instituto de Antropología e Historia para proyectos ubicados en zonas de importancia arqueológica.	Garantizar el respeto y protección del patrimonio arqueológico de la zona en la que se va a llevar a cabo el proyecto. En caso de encontrar algún sitio, se debe contactar al Instituto de Antropología e Historia para obtener la autorización correspondiente antes de continuar con cualquier trabajo de construcción.
FR-2	En la medida de lo posible realizar un estudio hidrogeológico para evaluar la disponibilidad y factibilidad de las fuentes de agua que se utilizarán en el proyecto. Se deben realizar al menos dos aforos en fuentes superficiales y subterráneas en dos épocas del año (seca y lluviosa)	Evaluar la cantidad y calidad del agua disponible en la zona y determinar su viabilidad para su uso en el proyecto.
FR-3	Considerar los requisitos establecidos en el manual de Evaluación de Riesgo de Emplazamiento y Medio Construido de la Comisión Permanente de Contingencia (COPECO). https://www.sefin.gob.hn/download_file.php?download_file=/wp-content/uploads/2016/09/ManualEvaluacionRiesgos_COPECO.pdf	Identificar y evaluar los riesgos asociados a la ubicación del proyecto y establecer medidas de mitigación correspondientes.
FR-4	Realizar estudios de calidad del agua y estimar la cantidad requerida, cumpliendo con la Norma Técnica para la calidad del Agua Potable.	Determinar la calidad y cantidad del agua necesaria para el proyecto, cumpliendo con las normas y regulaciones establecidas.
FR-5	Considerar y planificar obtener una Contrata de Aprovechamiento de Aguas Nacionales para la construcción y operación de un pozo o cursos de agua superficial no conectados al sistema de agua potable.	Es importante asegurarse de cumplir con esta regulación antes de iniciar cualquier proyecto de extracción de agua, ya que de lo contrario se estaría incurriendo en una falta legal.
FR-6	Realizar un análisis de costos-beneficios del proyecto para garantizar su viabilidad financiera y sostenibilidad a largo plazo.	Evaluar los costos y beneficios del proyecto y determinar si es viable y sostenible a largo plazo.
FR-7	Desarrollar un plan de gestión ambiental que incluya medidas para minimizar los impactos ambientales del proyecto, como la reducción de la huella de carbono y la gestión adecuada de los residuos generados.	Garantizar la protección del medio ambiente y minimizar los impactos ambientales del proyecto a través de la implementación de un plan de gestión ambiental adecuado.

Código	Requerimiento	Explicación
FR-8	Considerar la participación y consulta de la comunidad local en el diseño y la implementación del proyecto.	Socializar el proceso de diseño y construcción del proyecto para garantizar su aceptación y sostenibilidad a largo plazo.
FR-9	Establecer un plan de monitoreo de los caudales y la calidad del agua de la fuente, así como la evaluación del proyecto para garantizar su eficacia y sostenibilidad a largo plazo según los parámetros establecidos en la Norma Técnica de Calidad del Agua.	Establecer un plan de monitoreo y evaluación del proyecto implica diseñar un conjunto de estrategias y herramientas para medir el impacto del proyecto a lo largo del tiempo. El objetivo principal de este plan es evaluar la eficacia del proyecto en términos de sus objetivos y metas establecidas, y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.
FR-10	Contar con los documentos para la legalización de todas las servidumbres para los diferentes elementos del sistema	La legalización de todas las servidumbres para los diferentes elementos del sistema es un requerimiento clave en la implementación de proyectos de agua potable y saneamiento. Las servidumbres son derechos legales que permiten el uso de una propiedad por parte de una entidad distinta al propietario, en este caso, para fines específicos relacionados con el proyecto de agua y saneamiento.

8.1 Requerimientos legales y ambientales

Esta sección se enfoca en los requerimientos legales y ambientales necesarios para garantizar el cumplimiento de los reglamentos y normativas aplicables a los sistemas de agua potable y saneamiento. Su objetivo es proporcionar una Guía para que los responsables del proyecto puedan obtener los permisos de operación y licencias ambientales necesarios durante todas las etapas del proyecto.

La Tabla a continuación detalla los diferentes tipos de permisos requeridos de acuerdo con el ciclo de proyecto y la legislación aplicable. La Licencia Ambiental es necesaria durante la fase de factibilidad, construcción y operación del proyecto y se rige por el Artículo 5 de la Ley General del Ambiente, renovable cada dos años y otorgada por la SERNA. La Contrata de Aprovechamiento de Aguas Nacionales se aplica a pozos o cursos de agua superficial no conectados al sistema de agua potable y se rige por el Artículo 17 de la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales, otorgada también por la SERNA durante la fase de construcción y operación. El Permiso de Construcción, requerido por la Alcaldía Municipal según el Artículo 139 de la Ley de Municipalidades, es necesario para construcciones nuevas y ampliaciones. Finalmente, la Auditoría de Cierre, Etapa de Construcción se rige por el Artículo 140 del Reglamento de la Ley General del Ambiente y es obligatoria en cumplimiento de las obligaciones contraídas con la suscripción del contrato de medidas de mitigación.

Tabla 15: Permisos requeridos de acuerdo con el ciclo de proyecto

Tipo de permiso	Etapas	Legislación aplicable	Institución	Observación
Licencia Ambiental ³	Factibilidad, construcción y operación	Artículo 5: Ley General del Ambiente	SERNA	Renovable cada cinco años. Según la Tabla de Categorización Vigente
Contrata de Aprovechamiento de Aguas Nacionales	Construcción y Operación	Artículo 17: Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales	SERNA (Dirección General de Recursos Hídricos)	Aplica para pozo o cursos de agua superficial no conectados al sistema de agua potable.
Permiso de Construcción	Construcción	Artículo 139: Ley de Municipalidades	Alcaldía Municipal	Requeridos para construcciones nuevas y Ampliaciones
Registro y Autorización de Descarga de aguas residuales	Operación	Art 17. Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales	SERNA	Previo al registro y la Autorización de Descargas, todo Ente Regulado en operación deberá realizar un ejercicio de caracterización de las mismas
Auditoría de cierre, etapa de construcción	Construcción	Artículo 140: Reglamento de la Ley General del Ambiente	SERNA	En cumplimiento a las obligaciones contraídas con la suscripción del contrato de medidas de mitigación.
Permisos de servidumbres y adquisición de sitios	Diseño	Ley de Propiedad y Código Civil	Alcaldía Municipal, Registro de la Propiedad, Propietarios de terrenos	Es necesario coordinar con las autoridades locales y propietarios de terrenos para establecer servidumbres y adquirir sitios para plantas de tratamiento de agua potable y residuales.

3 Solo aplica a represas y a proyectos en operación que ya cuentan con licencia ambiental.

9. Buenas prácticas de diseño (D)

En este apartado se abordan las medidas de mitigación que deben ser consideradas en la etapa de diseño de un proyecto de sistema de agua potable y saneamiento, enfocadas en cada componente principal de un sistema de agua potable o saneamiento. Estas medidas comprenden desde la selección de un sitio apropiado y el dimensionamiento adecuado, hasta la implementación de prácticas sostenibles, el monitoreo y mantenimiento regular, y la participación de la comunidad local. La aplicación de estas medidas contribuirá a garantizar la construcción sostenible de sistemas de agua potable y saneamiento, minimizando su impacto en el medio ambiente y las comunidades locales.

En esta etapa de diseño, que incluya todos los componentes del sistema, tanto de agua como de saneamiento, también es recomendable realizar un análisis y evaluación integral de riesgos, amenazas y vulnerabilidades para poder definir con mayor precisión las medidas de prevención, mitigación, adaptación y/o corrección

Reestablecimiento
de pozos luego
de inundación en
Valle de Sula.



9.1 Consideraciones generales en la etapa de diseño

Tabla 16: Consideraciones en la etapa de diseño para todos los componentes del sistema de agua potable

Código	Medida de consideración	Descripción	Acciones recomendadas
DCP-01	Prácticas y metodologías de construcción	Implementar prácticas sostenibles durante la construcción de todas las estructuras del sistema de agua potable y saneamiento. Esto incluye la minimización de residuos, la gestión adecuada de materiales, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otras medidas que reduzcan el impacto ambiental.	• Minimizar la generación de residuos y promover su correcta disposición. • Utilizar materiales ecoamigables y reciclables. • Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
DCP-02	Participación de la comunidad local	Involucrar a las comunidades locales en todas las etapas del sistema de agua potable y saneamiento, incluyendo la planificación, diseño, implementación y monitoreo de las estructuras y servicios. Promover la participación ciudadana, la transparencia y el compromiso con la sostenibilidad del sistema.	• Realizar consultas y reuniones con la comunidad para recoger opiniones y necesidades. • Establecer comités de participación ciudadana para el seguimiento y control del sistema. • Fomentar la educación y concienciación sobre la importancia del agua y su uso responsable.
DCP-03	Selección de sitio adecuado	Seleccionar cuidadosamente los sitios para todas las estructuras del sistema de agua potable y saneamiento. Considerar la facilidad de conexión al sistema de abastecimiento de agua, evitar interferencias con estructuras existentes y seleccionar áreas que no estén expuestas a riesgos naturales como inundaciones o deslizamientos. Evaluar el impacto ambiental de la selección del sitio, incluyendo la posible pérdida de vegetación.	• Realizar estudios geotécnicos y de impacto ambiental antes de la selección del sitio. • Evaluar las condiciones hidrológicas y topográficas para evitar riesgos de inundaciones o deslizamientos. • Diseñar medidas de mitigación para minimizar el impacto en la vegetación y el hábitat natural.
DCP-04	Selección de tecnologías eficientes	Seleccionar tecnologías eficientes y de bajo consumo energético en todas las etapas del sistema de agua potable y saneamiento. Esto implica elegir equipos y procesos que minimicen el consumo de energía y reduzcan la huella de carbono en la captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y tratamiento de aguas residuales.	• Utilizar equipos y sistemas de última generación que cumplan con estándares de eficiencia energética. • Implementar estrategias de optimización del consumo energético, como el uso de bombas de alta eficiencia y sistemas de iluminación LED. • Considerar el uso de energías renovables para reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Código	Medida de consideración	Descripción	Acciones recomendadas
DCP-05	Implementación de un plan de gestión ambiental	Diseñar un plan de gestión ambiental integral que abarque todas las etapas del sistema de agua potable y saneamiento. Este plan debe incluir medidas para reducir la huella de carbono, proteger la biodiversidad local y minimizar la generación de residuos y emisiones contaminantes.	• Desarrollar un plan de gestión ambiental que incluya políticas, objetivos y metas ambientales. • Establecer procedimientos y controles para minimizar el impacto ambiental de las actividades relacionadas con el sistema. • Realizar seguimiento y evaluación periódica de las medidas implementadas.
DCP-06	Capacitación y concienciación del personal	Diseñar un plan de capacitación para concienciar al personal involucrado en todas las etapas del sistema de agua potable y saneamiento sobre la importancia de cumplir con los estándares de calidad y las medidas de mitigación ambiental. Promover prácticas de trabajo seguras, eficientes y sostenibles que contribuyan a la protección del medio ambiente.	• - Proporcionar capacitación periódica sobre buenas prácticas ambientales y seguridad laboral. - Promover una cultura de trabajo responsable y comprometida con el cuidado del medio ambiente. - Establecer programas de reconocimiento y recompensa para fomentar la participación activa del personal.
DCP-07	Considerar la adquisición de terrenos estratégicos	Consiste en la compra estratégica de terrenos ubicados en las zonas de recarga de los acuíferos o en áreas cercanas a las fuentes de agua. El objetivo principal es proteger y conservar estas áreas clave para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.	• Realizar un estudio de identificación de áreas estratégicas para la adquisición de terrenos. • Establecer acuerdos con propietarios privados o entidades administradoras del servicio de agua potable.
DCP-08	Diseñar Barreras de intrusión de agua salada donde sea requerido.	Consiste en la implementación de una medida para evitar el ingreso de agua salada en los acuíferos costeros, mediante la extracción constante de agua de mar en la zona de transición entre el agua dulce del acuífero costero y el agua salada.	• Diseñar e implementar sistemas de bombeo de agua de mar en la zona de transición. • Monitorear constantemente el flujo de agua salada y ajustar el bombeo según sea necesario.
DCP-09	Crear un programa de conservación, restauración y uso sostenible de bosques de manglar, dunas costeras y humedales en la etapa de diseño y construcción para la protección de la costa	Promover la implementación, conservación, restauración y uso sostenible de bosques de manglar, dunas costeras y humedales como medidas de protección de la costa contra eventos extremos y riesgos de lenta manifestación.	• Identificar áreas adecuadas para la implementación de estos ecosistemas. • Planificar la restauración y conservación de los bosques de manglar, dunas costeras y humedales.

Código	Medida de consideración	Descripción	Acciones recomendadas
DCP-10	Diseñar un programa de capacitación para funcionarios y administradores del servicio en la etapa de operación	Diseñar un programa de capacitación dirigido a los funcionarios y administradores del servicio de agua y saneamiento.	• Diseñar un plan de capacitación que aborde las necesidades específicas del personal. • Impartir cursos y talleres que promuevan las buenas prácticas de gestión, operación y mantenimiento de la infraestructura.
DCP-11	Considerar la colocación de dispositivos de protección de componentes de infraestructura en sitios propensos a daños	Estimar instalar dispositivos de protección en componentes de infraestructura ubicados en áreas propensas a golpes por caída de árboles, rocas o tránsito de personas y vehículos.	• Identificar los sitios propensos a daños y evaluar los componentes de infraestructura que requieren protección. • Seleccionar los dispositivos de protección adecuados y colocarlos en los lugares designados.
DCP-12	Considerar el control y erradicación de especies invasoras en etapa de diseño y construcción	Implementar un programa de control y erradicación de especies invasoras en sitios propensos a daños en la etapa de diseño y construcción.	• Realizar un inventario de especies invasoras presentes en la zona. • Diseñar estrategias de control y erradicación, priorizando métodos no químicos.
DCP-13	Diseñar un sistema/aplicación para reporte de averías y problemas con infraestructura	Desarrollar un sistema o aplicación con georreferenciación para que la ciudadanía reporte en tiempo real averías o problemas en la infraestructura.	• Desarrollar una plataforma digital que permita el reporte de averías y problemas de forma sencilla y accesible para los usuarios. • Implementar un sistema de georreferenciación para ubicar con precisión las incidencias reportadas.
DCP-14	Escarificación del lecho de los ríos para aumentar recarga de acuíferos	Estimar utilizar maquinaria pesada equipada con arados para romper la capa de materiales finos en el lecho de los ríos, exponiendo la grava del fondo.	• Realizar estudios previos para identificar los ríos y tramos adecuados para la escarificación. • Establecer protocolos de operación de la maquinaria pesada para garantizar la seguridad y minimizar el impacto ambiental.

Código	Medida de consideración	Descripción	Acciones recomendadas
DCP-15	Implementación de Tecnologías Inteligentes para Infraestructura Hídrica (SWIT) (considerar esta implementación si los recursos lo permiten)	Consiste en la adopción de Smart Water Infrastructure Technologies (SWIT) que permiten la automatización y monitoreo del servicio de agua.	• Evaluar las tecnologías disponibles y seleccionar las más adecuadas según las necesidades del servicio de agua. • Realizar inversiones en infraestructura y equipos para implementar las tecnologías inteligentes.
DCP-16	Diseñar la implementación del tratamiento y reúso de aguas servidas	Consiste en tratar y reutilizar las aguas servidas, ya sea a través de procesos de tratamiento convencionales o tecnologías más avanzadas.	• Evaluar las tecnologías de tratamiento de aguas servidas disponibles y seleccionar la más adecuada según el contexto. • Establecer protocolos de seguridad sanitaria y ambiental para garantizar el adecuado reúso del agua tratada.

9.2 Consideraciones en la etapa de diseño para la obra captación de agua superficial

Tabla 17: Consideraciones en la etapa de diseño para la captación de agua superficial para un sistema de agua potable

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-17	Selección de sitio adecuado	Evaluar la capacidad del manantial, accesibilidad del sitio, calidad del agua y presencia de especies en peligro de extinción. Investigar estudios hidrológicos existentes, historial de eventos climáticos extremos (crecidas, inundaciones, sequías, huracanes, etc.), tipos de cultivos, industrias o actividades económicas y posibles descargas en el área de captación. Revisar los mapas de uso de suelo de ICF.
DCP-18	Diseño de la estructura de captación	Minimice la alteración del entorno natural y reduzca la erosión y la sedimentación en el río. Además, se debe garantizar que la obra de captación sea lo suficientemente resistente para soportar eventos climáticos extremos, como inundaciones.

9.3 Consideraciones en la etapa de diseño para un desarenador

Tabla 18: Consideraciones en la etapa de diseño para un desarenador en un sistema de agua potable

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-19	Dimensionamiento	El desarenador debe dimensionarse para garantizar una velocidad de flujo que permita la sedimentación de los sólidos suspendidos en el agua. En base a un diseño específico no en base a planos tipo.
DCP-20	Mantenimiento regular	El desarenador debe mantenerse regularmente para asegurar su eficiencia y prolongar su vida útil. El mantenimiento debe incluir la limpieza de los sedimentos acumulados y la inspección periódica de las partes móviles. Debe contener elementos de limpieza que permitan la limpieza apropiada.
DCP-21	Protección contra la erosión	La construcción del desarenador debe realizarse de manera que esté protegido contra la erosión provocada por el flujo de agua y la sedimentación.
DCP-22	Control de erosión aguas abajo	Se deben implementar medidas para controlar la erosión aguas abajo del desarenador, como la construcción de trampas de sedimentos y la revegetación de la zona afectada.

9.4 Consideraciones en la etapa de diseño para una planta de tratamiento de agua potable

Tabla 19: Consideraciones en la etapa de diseño para una planta de tratamiento de agua potable

Código	Medida de consideración	Descripción
CDP-23	Ubicación estratégica	Considerar el acceso de vehículos de gran tamaño para el transporte de insumos de potabilización (sulfato, clorogás) como un punto importante en la ubicación del proyecto.
DCP-24	Pretratamiento	Para eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de ingresar al proceso de tratamiento principal. Que cumpla con la norma técnica.
DCP-25	Tratamiento	Diseñar un proceso de tratamiento efectivo que remueva los contaminantes presentes en el agua cruda para asegurar que el agua potable cumpla con los estándares de calidad requeridos.
DCP-26	Uso de productos químicos seguros y dosificación	Diseñar un proceso de tratamiento efectivo que remueva los contaminantes presentes en el agua cruda para asegurar que el agua potable cumpla con los estándares de calidad requeridos.
DCP-27	Control y monitoreo regular del proceso de tratamiento	Establecer un sistema de control y monitoreo regular del proceso de tratamiento para detectar cualquier problema o mal funcionamiento y tomar medidas correctivas oportunas.

9.5 Consideraciones para la etapa de diseño de prefiltros y filtros lentos

Tabla 20: Consideraciones para la etapa de diseño de prefiltros y filtros lentos

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-28	Selección adecuada de medios filtrantes	Elegir los medios filtrantes apropiados para el agua de entrada, considerando la calidad del agua y los objetivos de tratamiento.
DCP-29	Ajuste de la velocidad de filtración	Asegurarse de que la velocidad de filtración esté dentro de los límites adecuados para el tipo de medio filtrante seleccionado, para evitar la erosión o la obstrucción del medio filtrante.
DCP-30	Control de la carga hidráulica	Limitar la carga hidráulica en el sistema de filtración para evitar la sobrecarga y la acumulación de sedimentos en la parte inferior de los filtros.
DCP-31	Diseño de sistema de lavado de filtros	Incorporar un sistema de lavado de filtros adecuado en el diseño para garantizar la eliminación efectiva de los sedimentos y mantener la eficiencia del filtro.
DCP-32	Uso de barreras físicas	Utilizar barreras físicas como pantallas o rejillas para evitar la entrada de materiales grandes o no deseados en el sistema de filtración.
DCP-33	Mantenimiento regular	Establecer un programa de mantenimiento regular para inspeccionar, limpiar y reemplazar los medios filtrantes y otros componentes del sistema de filtración según sea necesario.

9.6 Consideraciones para la etapa de diseño de un tanque de almacenamiento

Tabla 21: Consideraciones para la etapa de diseño de un tanque de almacenamiento

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-34	Selección de ubicación adecuada	Seleccionar una ubicación adecuada para el tanque de almacenamiento, considerando la accesibilidad, la topografía y la distancia a las fuentes de agua y a la red de distribución de agua.
DCP-35	Diseño de la base y cimentación	Diseñar la base y cimentación del tanque de almacenamiento de acuerdo con las normas y regulaciones aplicables para garantizar la estabilidad y durabilidad del tanque.
DCP-36	Consideración de la expansión térmica	Considerar la expansión térmica del tanque de almacenamiento en el diseño para evitar deformaciones y daños en la estructura del tanque.
DCP-37	Diseño de sistema de drenaje	Diseñar un sistema de drenaje adecuado para el tanque de almacenamiento para evitar la acumulación de agua en la superficie del tanque y prolongar su vida útil.

9.7 Consideraciones para la etapa de diseño de un sistema de cloración

Tabla 22: Consideraciones para la etapa de diseño de un sistema de cloración

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-38	Selección de equipos de dosificación de cloro	Seleccionar de manera cuidadosa los equipos de dosificación de cloro para garantizar la precisión y confiabilidad en la dosificación, y minimizar la generación de subproductos de cloro, enfocándose en reducir el impacto al medio ambiente y la fauna.
DCP-39	Suministro seguro de cloro	Diseñar y seleccionar un sistema seguro de suministro de cloro, incluyendo la elección de un proveedor confiable de cloro, el almacenamiento seguro y adecuado del cloro, y el transporte seguro del cloro al sitio, procurando minimizar el impacto al medio ambiente y la fauna.
DCP-40	Protección contra fugas y derrames de cloro	Diseñar e implementar medidas de protección para evitar fugas y derrames de cloro, utilizando sistemas de contención, ventilación adecuada, sistemas de alarma y monitoreo de fugas, con el objetivo de minimizar el impacto al medio ambiente y la fauna.
DCP-41	Capacitación y entrenamiento del personal	Capacitar y entrenar adecuadamente al personal que operará y mantendrá el sistema de cloración, enseñando el manejo seguro del cloro y la identificación y respuesta a emergencias, buscando minimizar el impacto al medio ambiente y la fauna.
DCP-42	Monitoreo y control de la calidad del agua	Establecer un programa de monitoreo y control de la calidad del agua para garantizar que los niveles de cloro en el agua cumplan con los estándares reglamentarios y minimizar la formación de subproductos de cloro.
DCP-43	Diseño de sistemas de eliminación de subproductos de cloro	Diseñar y seleccionar sistemas de eliminación de subproductos de cloro para minimizar la formación de estos y garantizar que los niveles en el agua cumplan con los estándares reglamentarios, estableciendo un procedimiento para la eliminación de subproductos de cloro.

9.8 Consideraciones para la etapa de diseño de líneas de conducción

Tabla 23: Consideraciones para la etapa de diseño de líneas de conducción

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-44	Evaluación del sitio	Para identificar los posibles problemas de construcción o de acceso que puedan retrasar o impedir la construcción de la línea de conducción.
DCP-45	Selección de materiales	Utilizar materiales resistentes y duraderos en la línea de conducción, teniendo en cuenta factores como la corrosión, la abrasión y la resistencia a la presión del agua.
DCP-46	Pruebas y ensayos	Realizar pruebas y ensayos en la línea de conducción antes de ponerla en funcionamiento para garantizar su integridad y fiabilidad. Esto puede incluir pruebas de fugas, pruebas de presión y pruebas de resistencia.
DCP-47	Diseño sísmico	Diseñar la línea de conducción para resistir terremotos y otros eventos sísmicos, teniendo en cuenta factores como la ubicación, la magnitud y la frecuencia de los terremotos en la zona.
DCP-48	Control de erosión	Para evitar daños a los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos.

9.9 Consideraciones para la etapa de diseño de red de distribución

Tabla 24: Consideraciones para la etapa de diseño de red de distribución

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-49	Análisis de riesgos	Identificar los riesgos potenciales en la red de distribución, como fugas, roturas de tuberías, contaminación del agua y otros problemas que puedan afectar la calidad del agua.
DCP-50	Pruebas y ensayos	Realizar pruebas antes de ponerla en funcionamiento para garantizar su integridad y fiabilidad. Esto puede incluir pruebas de fugas, pruebas de presión y pruebas de resistencia.
DCP-51	Diseño de válvulas	Diseñar la red de distribución con válvulas de cierre para aislar secciones de la red en caso de fugas, roturas u otros problemas.
DCP-52	Control de erosión	Para evitar daños a los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos.
DCP-53	Almacenamiento seguro	Para el agua potable en caso de emergencias o interrupciones en el suministro de agua.

9.10 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara distribuidora de caudales

Tabla 25: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara distribuidora de caudales

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-54	Diseño de acceso seguro	Diseñar la cámara distribuidora de caudales con acceso seguro para el personal encargado de su operación y mantenimiento. Esto puede incluir escaleras, barandillas y otros elementos de seguridad.
DCP-55	Diseño de válvulas	Diseñar la cámara distribuidora de caudales con válvulas de cierre para aislar secciones de la red en caso de fugas, roturas u otros problemas.
DCP-56	Control de erosión	Tomar medidas para controlar la erosión y la sedimentación durante la construcción de la cámara distribuidora de caudales para evitar daños a los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos.

9.11 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara de reunión

Tabla 26: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara de reunión

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-57	Diseño de acceso seguro	Diseñar la cámara de reunión con acceso seguro para el personal encargado de su operación y mantenimiento. Esto puede incluir escaleras, barandillas y otros elementos de seguridad.
DCP-58	Diseño de válvulas	Diseñar la cámara de reunión con válvulas de cierre para aislar secciones de la red en caso de fugas, roturas u otros problemas.
DCP-59	Control de erosión	Tomar medidas para controlar la erosión y la sedimentación durante la construcción de la cámara de reunión para evitar daños a los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos.
DCP-60	Consideraciones de diseño de drenaje	Diseñar el sistema de drenaje de la cámara de reunión para evitar la acumulación de agua y minimizar el riesgo de inundaciones.

9.12 Consideraciones para la etapa de diseño de cámara rompecarga

Tabla 27: Consideraciones para la etapa de diseño de cámara rompecarga

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-61	Diseño de acceso seguro	Diseñar la cámara rompecargas con acceso seguro para el personal encargado de su operación y mantenimiento. Esto puede incluir escaleras, barandillas y otros elementos de seguridad.
DCP-62	Diseño de válvulas	Diseñar la cámara rompecargas con válvulas de cierre para aislar secciones de la red en caso de fugas, roturas u otros problemas.
DCP-63	Control de erosión	Tomar medidas para controlar la erosión y la sedimentación durante la construcción de la cámara rompecargas para evitar daños a los ríos, arroyos y otros cuerpos de agua cercanos.
DCP-64	Diseño hidráulico de la cámara	Diseñar la cámara rompecargas con un tamaño y forma adecuados para minimizar la pérdida de presión en la línea de conducción, evitando la formación de aire y turbulencias en el flujo del agua.

9.13 Consideraciones para la etapa de diseño de válvulas de aire

Tabla 28: Consideraciones para la etapa de diseño de válvulas de aire

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-65	Selección de ubicación	Seleccionar una ubicación adecuada para la válvula de aire, tomando en cuenta factores como la elevación de la tubería, la longitud de la sección y la presión del agua, para evitar la acumulación de aire.
DCP-66	Diseño hidráulico	Diseñar la válvula de aire con un tamaño adecuado para garantizar la eliminación efectiva del aire del sistema y evitar la acumulación de aire en las tuberías.
DCP-67	Diseño de acceso seguro	Diseñar la válvula de aire con acceso seguro para el personal encargado de su operación y mantenimiento. Esto puede incluir escaleras, barandillas y otros elementos de seguridad.

9.14 Consideraciones para la etapa de diseño paseos aéreos

Tabla 29: Consideraciones para la etapa de diseño paseos aéreos

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-68	Identificación de áreas críticas	Se considerarán factores como el relieve del terreno, la presencia de obstáculos, la distancia a zonas urbanas o áreas de alta sensibilidad ambiental, así como la proximidad a cuerpos de agua.
DCP-69	Diseño estructural adecuado	Diseño de los paseos aéreos con la resistencia necesaria para soportar las cargas y esfuerzos que se puedan presentar, según las características del terreno y las condiciones climáticas de la zona.
DCP-70	Mantenimiento periódico	Realización de inspecciones y mantenimiento periódico de los paseos aéreos para detectar y corregir posibles problemas de seguridad o daños que puedan afectar su funcionamiento y durabilidad.

9.15 Consideraciones para la etapa de diseño válvulas de aire, cierre y control

Tabla 30: Consideraciones para la etapa de diseño válvulas de aire, cierre y control

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-71	Identificación de requerimientos de Aire, cierre y control	Para determinar la cantidad, tipo y ubicación adecuados de las válvulas de Aire, cierre y control en la red.
DCP-72	Diseño de sistemas redundantes	Con el fin de garantizar la continuidad del suministro de agua potable y reducir los riesgos de interrupciones en caso de fallas o mantenimiento.
DCP-73	Implementación de sistemas de monitoreo y control remoto	Para facilitar la detección y corrección temprana de problemas, y mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema.
DCP-74	Cumplimiento de normas y regulaciones	Para garantizar la seguridad de las personas y la protección del medio ambiente

9.16 Consideraciones para la etapa de diseño para una estación de bombeo para consumo humano

Tabla 31: Consideraciones para la etapa de diseño para una estación de bombeo

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-75	Selección adecuada de la bomba	Selección adecuada de la bomba de acuerdo a las necesidades del sistema y las condiciones de operación, considerando factores como caudal, presión, eficiencia y consumo energético.
DCP-76	Diseño de sistema de respaldo eléctrico	Diseño de un sistema de respaldo, como por ejemplo un generador eléctrico o una bomba adicional, para asegurar la continuidad del suministro de agua potable en caso de fallas o emergencias.
DCP-77	Instalación de sensores y alarmas	Instalación de sensores y alarmas para detectar y alertar sobre cualquier anomalía en el sistema de bombeo, como fallas en el suministro eléctrico, obstrucciones en las tuberías o problemas en el funcionamiento de la bomba.
DCP-78	Diseño de sistemas de protección contra incendios	Diseño de sistemas de protección contra incendios en las estaciones de bombeo, como por ejemplo la instalación de rociadores o extintores, para evitar riesgos de incendios y proteger la infraestructura y el personal.
DCP-79	Plan de mantenimiento preventivo	Establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo para la estación de bombeo, que incluya inspecciones regulares, limpieza, lubricación y reparación de componentes para asegurar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de los equipos.

9.17 Consideraciones para la etapa de diseño para un pozo para abastecimiento de agua

Tabla 32: Medidas de consideración etapa de diseño para pozo

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-80	Diseño de revestimiento	Se debe diseñar el revestimiento adecuado para proteger las formaciones y prevenir la migración de fluidos. Se deben considerar los tipos de formaciones, la profundidad del pozo y las características de los fluidos producidos.
DCP-81	Selección de fluidos de perforación	Los fluidos de perforación deben ser seleccionados cuidadosamente para minimizar la contaminación de las formaciones y reducir el riesgo de daños a la formación. Se deben considerar las propiedades del fluido, el tipo de formación, la profundidad del pozo y la temperatura del yacimiento.

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-82	Diseño de completación	El diseño de completación debe considerar las propiedades del yacimiento y la producción prevista. Se deben seleccionar los sistemas de producción adecuados, incluyendo los sistemas de levantamiento artificial, los empacadores y las tuberías.
DCP-83	Control de sólidos	Se deben utilizar sistemas de control de sólidos efectivos para evitar la acumulación de sólidos y reducir el riesgo de daños a la formación. Los sistemas de control de sólidos deben incluir desarenadores.
DCP-84	Gestión de residuos	Se deben implementar sistemas de gestión de residuos para manejar los residuos de perforación, los fluidos de perforación y los residuos producidos durante la producción.

9.18 Medidas de consideración etapa de diseño para sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales

Tabla 33: Medidas de consideración etapa de diseño para sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-85	Reducción de caudales	Establecer una metodología para la reducción de caudales y ajuste de diseños en función del crecimiento poblacional.
DCP-86	Tratamiento preliminar	Implementar un sistema de tratamiento preliminar para reducir la carga de sólidos y grasas.
DCP-87	Diseño de red colectora	Realizar un diseño de red colectora que minimice las obstrucciones y garantice el flujo adecuado de aguas residuales.
DCP-88	Gestión de residuos	Establecer un sistema de gestión de residuos adecuado para el manejo de lodos y otros residuos generados en la planta de tratamiento.
DCP-89	Monitoreo de calidad del efluente	Implementar un programa de monitoreo de calidad del agua para garantizar la eficiencia del tratamiento y cumplimiento de normativas ambientales.
DCP-90	Reúso Integrado de Agua y Lodos	Diseñar un sistema de tratamiento que permita reutilizar el agua tratada en actividades no potables y emplear técnicas adecuadas para el uso beneficioso y seguro de los lodos generados. Monitoreo constante garantizado.

9.19 Medidas de consideración etapa de diseño para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas

Tabla 34: Medidas de consideración etapa de diseño para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas

Código	Medida de consideración	Descripción
DCP-91	Ubicación adecuada	Seleccionar una ubicación adecuada para la construcción de la letrina, considerando la distancia mínima (30 mt) permitida a cuerpos de agua y fuentes de abastecimiento de agua potable.
DCP-92	Diseño estructural	Garantizar la estabilidad y seguridad de la letrina, considerando las condiciones del suelo y la capacidad de carga.
DCP-93	Medidas de prevención de contaminación	Como la construcción de una base impermeable y la instalación de un sistema de ventilación adecuado.
DCP-94	Manejo de residuos	Sistema de manejo de residuos adecuado, como la disposición adecuada de las heces y la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises.
DCP-95	Mantenimiento y limpieza	Programa de mantenimiento y limpieza regular de la letrina para garantizar su funcionamiento adecuado y prevenir la acumulación de desechos.

10. Buenas prácticas en la etapa de construcción (C)

Las actividades más importantes para considerar en la etapa de construcción de los sistemas de agua potable y saneamiento son las siguientes:

- ▶ Adecuación o apertura de caminos de acceso
- ▶ El posible despeje y corte de vegetación
- ▶ Instalación de campamentos temporales
- ▶ Transporte, operación y mantenimiento de maquinaria, equipos y/o materiales
- ▶ Movimiento de tierras (excavación de zanjas)
- ▶ Disposición de material excedente (desechos de construcción, desechos sólidos)
- ▶ Instalación de estanque de acumulación y regulación
- ▶ Instalación de tuberías
- ▶ Implementación de medidas de seguridad laboral e higiene
- ▶ Información a la población de las obras a construir (señalización)



Actividad de instalación de llaves comunitarias posterior a un siniestro.

Tabla 35: Identificación de impactos ambientales en la etapa de construcción

Factores Ambientales	Impactos	Subetapas de construcción				Medidas preventivas y correctivas
		Acondicionamiento del terreno	Cimentación	Desarrollo de obras físicas	Instalaciones en general	
 Aire	Contaminación por emisiones atmosféricas exteriores	X	X	X		Utilizar maquinaria con bajos niveles de emisión y realizar mantenimiento preventivo
	Incremento de los niveles de ruido	X	X	X	X	Implementar barreras acústicas y reducir las horas de trabajo ruidoso
 Agua	Contaminación del agua por la falta de saneamiento básico	X	X	X	X	Instalar sistemas de tratamiento de aguas residuales y garantizar su operación y mantenimiento
	Disminución del recurso por el consumo en las actividades generales de la obra	X	X	X	X	Promover el uso eficiente del agua y realizar seguimiento al consumo diario
	Sedimentación de los cursos de agua	X	X	X		Colocar barreras de contención de sedimentos y establecer un plan de manejo de suelos
 Suelo	Contaminación por derrames de combustibles y lubricantes	X	X	X		Establecer protocolos de manejo y almacenamiento de sustancias peligrosas y realizar capacitaciones al personal involucrado

Factores Ambientales	Impactos	Subetapas de construcción				Medidas preventivas y correctivas
		Acondicionamiento del terreno	Cimentación	Desarrollo de obras físicas	Instalaciones en general	
 Suelo	Compactación	X	X			Utilizar técnicas de construcción que minimicen la compactación, como el uso de rodillos con baja presión y el no circulamiento de maquinaria pesada sobre suelos blandos
	Pérdida de la capa orgánica	X				Evitar el almacenamiento temporal de materiales y residuos sobre suelos orgánicos y establecer un plan de manejo de residuos
 Recursos biológicos y paisajísticos	Pérdida de los recursos biológicos y alteración de los recursos paisajísticos	X	X	X		Realizar una evaluación de impacto ambiental previa a la construcción y establecer un plan de mitigación y compensación
 Recursos culturales	Daños o pérdidas al patrimonio cultural	X	X	X		Realizar un inventario de patrimonio cultural previo a la construcción y establecer medidas de protección y conservación

Durante las fases de construcción, se deben implementar medidas de protección ambiental, incluyendo el acondicionamiento del terreno, la fundación, la construcción de estructuras y la instalación de servicios. El desarrollador o propietario del proyecto es el principal encargado de garantizar el cumplimiento de estas medidas y prevenir cualquier impacto ambiental negativo causado por las actividades de construcción. Sin embargo, si el desarrollador decide subcontratar a una empresa o contratista individual para realizar las obras, es responsabilidad de éste exigir que se cumplan las medidas de mitigación y corrección necesarias.

10.1 Para la gestión del aire (C)

Durante la etapa de construcción, los principales impactos en el aire incluyen la contaminación por emisiones y olores, así como un aumento en los niveles de ruido. Para abordar estos impactos, es necesario implementar medidas de mitigación o corrección apropiadas.

Medidas de mitigación y corrección para la gestión del aire en la etapa de construcción.

Tabla 36: Para la Gestión del aire (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-1. Cubrir la carga de camiones y no sobrepasar su capacidad máxima de carga.	CC-2. Verificar y reemplazar los medios de transporte en caso de pérdida o desbordamiento de tierra o material. Mantener las rutas establecidas.
CM-2. Mojar las superficies de trabajo y pavimento de maquinarias y equipos para prevenir la generación de nubes de polvo. Controlar la velocidad de los vehículos en movimiento.	CC-3. Detener las actividades si se detectan emisiones inusuales de algún equipo o maquinaria. Corregir la avería y revisar el plan de mantenimiento.
CM-3. Proteger los montículos de tierra temporales de la erosión eólica. Limitar la cantidad de material almacenado y llevar el exceso a lugares de disposición final.	CC-4. Implementar un canal de comunicación para abordar el problema y encontrar soluciones que reduzcan al mínimo la molestia de los residentes cercanos al proyecto si expresan descontento por ruidos y vibraciones.
CM-4. Realizar mantenimiento periódico en la maquinaria para minimizar impactos ambientales al aire.	CC-5. Instalar silenciadores o utilizar maquinaria y equipo que garantice un funcionamiento silencioso para reducir los niveles de ruido en el área del proyecto.
CM-5. Utilizar apilamientos de materiales de construcción como barreras acústicas eficientes para reducir ruido.	CC-1. Interrumpir temporalmente tareas que involucren movimiento de tierra en caso de presencia de vientos intensos.

10.2 Para la gestión del agua (C)

Se sugiere implementar prácticas de saneamiento adecuadas y limitar el consumo de agua en la construcción, así como controlar la sedimentación en los cursos de agua a través de medidas preventivas y de limpieza oportuna.

Tabla 37: Para la gestión del agua (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-6. Implementar medidas de saneamiento básico en los planteles de construcción, incluyendo la instalación de letrinas, la creación de un reglamento interno, el manejo adecuado de los residuos domésticos, y el control de los vectores. De esta forma, se minimizará la contaminación del agua.	CC-6. Investigar la fuente de contaminación del agua y realizar las correcciones necesarias para garantizar un sistema de saneamiento adecuado. Si esto incluye exigir a los trabajadores el cumplimiento de las medidas básicas de higiene, se deben replantear la estrategia y plan de saneamiento básico.
CM-7. Fomentar la adopción de prácticas eficientes en el uso y ahorro de agua entre los trabajadores.	CC-7. Asignar un responsable de monitorear el consumo de agua y detectar fugas o prácticas inadecuadas. Se deben anotar los registros de consumo y analizar los puntos críticos en el uso del agua durante la construcción.
CM-8. Llevar a cabo una gestión responsable de los residuos sólidos, líquidos y suelo removido, estableciendo áreas de acopio, manejo y disposición final. No depositar los residuos de construcción en los cuerpos de agua.	CC-8. Detener la actividad de construcción de inmediato si se observa la disposición inadecuada de residuos o suelo removido directamente sobre los cuerpos de agua. Establecer un plan de gestión de residuos y un sitio temporal para el almacenamiento del suelo.
CM-9. Para prevenir la erosión y la sedimentación de los cursos de agua, cubrir las cunetas temporales de drenaje con materiales granulares estables y orientar el flujo hacia áreas de vegetación.	CC-9. Compactar las cunetas y asegurarse de que los materiales utilizados en las paredes y fondo hayan sido estabilizados para prevenir la sedimentación en los cursos de agua.

10.3 Para la gestión del suelo (C)

Durante las subetapas de construcción, los principales efectos en el suelo incluyen la contaminación por líquidos como combustibles o lubricantes, la compactación y la pérdida de la capa orgánica. Para reducir o solucionar estos impactos, se deben adoptar las siguientes acciones:

Tabla 38: Para la gestión del Suelo (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-10. Para prevenir derrames y fugas de sustancias contaminantes, se recomienda una planificación regular para el mantenimiento de la maquinaria y el equipo de construcción, incluyendo su ubicación, inspecciones periódicas y responsabilidades. Además, se deben hacer visibles y difundir las hojas de manejo de los combustibles y lubricantes entre los trabajadores.	CC-10. Para remediar la contaminación del suelo por derrames de combustibles o lubricantes, se deberá recoger el producto contaminante y fortalecer la estabilidad de la zona afectada a través de medidas como la aplicación de aserrín o cal.
CM-11. La maquinaria solo debe circular por las rutas autorizadas por el desarrollador y no en áreas verdes o con suelos fértiles.	CC-11. Para mitigar la compactación del suelo en áreas verdes debido al paso de maquinarias y equipos de construcción, se sugiere remover la capa de suelo compactado mediante el uso de arados u otros implementos que permitan la circulación de aire en el suelo.
CM-12. Para prevenir la erosión eólica, se recomienda el riego constante en el área de construcción, siempre de forma racional y con conciencia de todos los trabajadores.	CC-12. Cuando se haya producido una pérdida evidente de la capa orgánica en algunas zonas del proyecto, se recomienda, en la medida de lo posible, aplicar tierra fértil, compost o abono orgánico para contrarrestar este impacto y recuperar la salud del suelo.

10.4 Para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos (C)

Tabla 39: Para la Gestión de Los Recursos Biológicos Y Paisajísticos (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-15. Se debe preservar la cobertura vegetal fuera de las áreas de construcción y no se deben dañar las áreas verdes. Es importante proteger los árboles en la zona del proyecto y reemplazar los que hayan sido afectados.	CC-13. Si se produce una alteración de la cobertura vegetal (incluyendo árboles) fuera de los límites de construcción, se deberán detener las actividades que causen dicho impacto. Además, se deben corregir las prácticas inadecuadas que lo produzcan (como la falta de orden en el manejo de la maquinaria o la falta de seguimiento de los planos). Para corregir el impacto, se deberá planificar la recuperación del área afectada (por ejemplo, a través de la aplicación de suelo fértil o compost y la siembra de vegetación nativa).

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-16. La maquinaria solo debe moverse por los caminos autorizados y no deben pasar por áreas verdes o zonas sin intervención.	
CM-17. Es esencial capacitar a los trabajadores de la construcción en la protección y el mantenimiento de la cobertura vegetal, y en la importancia de los recursos naturales en el área de construcción.	
CM-18. No se deben descartar los residuos de la construcción en laderas u otros lugares que puedan alterar la calidad del paisaje, obstaculizar el tránsito y causar la pérdida de hábitat.	CC-14. Si los residuos de la construcción se han dispuesto de manera inadecuada y han alterado el paisaje, se deberá retirar o eliminar estos residuos y disponer adecuadamente de ellos (almacenamiento, clasificación, reutilización, eliminación final, etc.). Para contrarrestar el impacto en el entorno natural, se deberá estabilizar el área si es necesario y programar la siembra de vegetación (por ejemplo, césped, árboles, etc.).
CM-19. Al planificar las áreas verdes del proyecto, se recomienda utilizar especies nativas que contribuyan a preservar los recursos biológicos y paisajísticos de la zona.	

10.5 Para la gestión de los recursos sociales y culturales (C)

Patrimonio Cultural Histórico:

El impacto más significativo en estos recursos es la destrucción o pérdida del patrimonio cultural, incluyendo las ruinas arqueológicas. Para reducir o solucionar estos impactos, deberemos aplicar medidas para corregirlos:

Tabla 40: Para la gestión de los recursos culturales (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-20. plan de manejo de las zonas arqueológicas o de los territorios de grupos étnicos o afrohondureños, en caso de que aplique.	CC-15. Si se descubren restos arqueológicos o culturales, se detendrán inmediatamente las labores y se informará a las autoridades competentes con la mayor prontitud, para evitar posibles sanciones por incumplimiento.

Recurso humano y social:

Promover la equidad de género en la construcción; esto incluye medidas para asegurar igualdad de oportunidades para hombres y mujeres en el lugar de trabajo.

Estas medidas pueden romper barreras en la construcción de sistemas de agua potable y saneamiento y aumentar la representación de mujeres, mejorando la diversidad y la inclusión en el lugar de trabajo:

- ▶ Incentivos para contratar y mantener mujeres, de acuerdo a sus capacidades en roles tradicionalmente ocupados por hombres (jefaturas, supervisión, control, o incluso en construcción si así lo desean).
-
- ▶ Prevención de discriminación y acoso en el lugar de trabajo.
-
- ▶ Políticas de igualdad salarial.
-
- ▶ Ambientes de trabajo seguros y libres de acoso.
-
- ▶ Flexibilidad laboral para equilibrar vida laboral y personal.
-
- ▶ Estas medidas pueden romper barreras en la construcción de sistemas de agua potable y saneamiento y aumentar la representación de mujeres, mejorando la diversidad y la inclusión en el lugar de trabajo.

10.6 Para la gestión de la energía (C)

El principal impacto de la falta de gestión de la energía es un aumento en las emisiones al ambiente debido a un incremento en la demanda del recurso. La mayor parte de la energía producida en Honduras se obtiene de combustibles fósiles, por lo que un mayor consumo de energía resulta en un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂. Para mitigar o corregir estos impactos, se deben implementar las medidas recomendadas:

Tabla 41: Para la gestión de la energía (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-21. Para reducir el impacto ambiental causado por el consumo excesivo de energía, se deben implementar prácticas eficientes y sostenibles. El plan incluye concientización sobre la importancia de ahorrar energía y la adopción de medidas concretas, tales como: • Uso de lámparas ahorradoras de energía • Aprovechamiento de la luz natural y reducción de iluminación artificial • Planificación del uso de equipos eléctricos para aprovechar al máximo la capacidad de la planta generadora y reducir las emisiones. • Uso de vehículos y maquinaria de bajo consumo y apagado del motor en momentos de espera CM-22. Monitoreo del plan de ahorro de energía y ajustes periódicos. Es importante llevar un registro del consumo de energía para evaluar los resultados y tomar acciones para seguir mejorando la eficiencia.	CC-16. • Asignar un responsable para el cumplimiento de las actividades del plan de ahorro y eficiencia energética. • Dar seguimiento a las labores del plan y gestionar el uso de equipos ahorrativos. • Realizar un diagnóstico energético en la medida de lo posible, para redefinir los procedimientos de operación y disminuir la demanda del recurso. CC-17. • Revisar el plan de ahorro y eficiencia energética. • Realizar las modificaciones pertinentes.

10.7 Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)

Tabla 42: Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-23. Realizar las actividades de mantenimiento en lugares designados, que cuenten con accesos libres de obstáculos, rotulación y cercos de protección.	CC-18. En caso de derrames o accidentes por la gestión inadecuada de sustancias peligrosas, se deben seguir las indicaciones del reglamento de higiene y seguridad o implementar las acciones del plan de contingencia.
CM-24. Garantizar el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad, ya sea mediante el reglamento establecido por el Código de Trabajo de Honduras o, en su defecto, mediante un plan de contingencia que incluya capacitación y concientización del personal, buenas prácticas de manejo de sustancias peligrosas, y medidas de seguridad ante derrames, accidentes y desastres naturales.	CC-19. Es importante destacar que, en caso de derrames de sustancias peligrosas en el suelo, se debe limpiar el área utilizando material absorbente y recipientes para recoger los residuos. Luego, los residuos deben ser dispuestos adecuadamente. También es posible seguir las recomendaciones de las hojas de seguridad. Si las medidas implementadas no solucionan el problema, se debe informar a la autoridad competente.
CM-25. Almacenar las sustancias peligrosas, especialmente combustibles, disolventes y otros líquidos, sobre superficies impermeables para minimizar el riesgo de derrames accidentales y garantizar la seguridad.	CC-20. Si el reglamento o plan de contingencia no son efectivos, debe diseñarse e implementarse un procedimiento más riguroso que evite los daños causados por la gestión inadecuada de estos productos.
CM-26. Adquirir solamente la cantidad necesaria de sustancias peligrosas para evitar el almacenamiento excesivo y minimizar el riesgo de accidentes.	

10.8 Para la gestión de los residuos líquidos (C)

Tabla 43: Para la gestión de los residuos líquidos (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-29. Para una gestión eficiente de los residuos líquidos, se recomienda implementar un plan que incluya: a) La instalación de letrinas para el uso de los trabajadores, con una por cada diez personas; b) La asignación de una zona para el lavado de equipo y herramientas, con conexiones a cunetas temporales de drenaje y depósitos impermeabilizados para el tratamiento o disposición final de las aguas residuales.	CC-23. Si el agua y el suelo han sido afectados por la gestión inadecuada de los residuos líquidos en la construcción, se deben tomar medidas para limpiar el medio y disponer los residuos de manera apropiada. Además, es necesario revisar y mejorar el plan de gestión de residuos líquidos estableciendo normas ambientales más rigurosas. Esto puede incluir capacitación para los trabajadores o contratar a un gestor autorizado de residuos líquidos. CC-24. En caso de que el sistema sanitario elegido no funcione, es necesario implementar una alternativa que evite la contaminación del agua y del suelo.

10.9 Para la gestión de residuos sólidos (C)

Tabla 44: Para la gestión de las sustancias peligrosas (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-27. Implementar un plan de gestión de residuos sólidos que permita manejar los residuos de forma que se eviten daños al ambiente y a la salud de las personas. El plan debe considerar, como mínimo, lo siguiente: • El flujo de material debe ser de acuerdo con las necesidades de la obra para optimizar la cantidad de material que llega y evitar que terminen convirtiéndose en residuo como consecuencia del “no uso” o de “bodegas” saturadas. • Ubicar contenedores de pequeñas dimensiones y distribuirlos por las zonas de trabajo para almacenar los materiales a utilizar, a fin de minimizar posibles pérdidas y el deterioro. • Realizar la disposición final de los residuos sólidos con base en el plan de transporte, el cual estará definido por los volúmenes generados. Los sitios de disposición deberán ser autorizados por la autoridad competente. • Proteger de la lluvia y de la humedad los elementos metálicos para evitar su corrosión y daños que imposibiliten su uso en la construcción. En caso de generarse residuos metálicos no recuperables para la obra, se recomienda enviarlos a un gestor de metales autorizado. • Ajustar los volúmenes de residuos a transportar, de acuerdo con la capacidad del vehículo a utilizar, y manejar los residuos en recipientes resistentes y de adecuada capacidad para su transporte. CM-28. No se permitirá la incineración de residuos de construcción ni el vertido de sustancias contaminantes en las redes de saneamiento públicas. Los residuos solo se pueden disponer en sitios autorizados por la municipalidad.	CC-21. Para corregir los impactos causados por la gestión inadecuada de los residuos sólidos en el agua y suelo, es necesario llevar a cabo una limpieza en el medio afectado y disponer adecuadamente los residuos. Además, se deben fortalecer las medidas ambientales y considerar opciones como capacitar a los trabajadores o contratar a un gestor autorizado de residuos sólidos para mejorar la gestión. CC-22. En caso de que los residuos sólidos hayan sido depositados en sitios no autorizados, se debe contactar de inmediato a la municipalidad para acordar un sitio apropiado para su disposición. Una vez realizado esto, es necesario limpiar y estabilizar los sitios no autorizados anteriormente utilizados.

10.10 Para el mantenimiento de equipo e instalaciones (C)

Tabla 45: Para el mantenimiento de equipo e instalaciones (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-30. Implemente un plan de mantenimiento periódico para el equipo y maquinaria, y asigne responsabilidades.	CC-25. Para remediar la contaminación del suelo por derrames de lubricantes y combustibles, se debe cubrir la zona afectada con material absorbente (aserrín, tierra, etc.), luego remover la capa de suelo y trasladarla a un lugar autorizado por la autoridad competente para su disposición final.
CM-31. El área destinada para el mantenimiento del equipo debe ser adecuadamente equipada y diseñada para evitar impactos en el agua, aire y suelo. En caso de incidentes por la falta de una ubicación adecuada para el mantenimiento del equipo, se debe crear una de forma urgente.	CC-26. Se debe tratar de manera efectiva el agua contaminada por derrames de lubricantes o combustibles, ya sea mediante el uso de agentes dispersantes o floculantes (autorizados por la autoridad competente) o mediante la recolección mecánica con materiales absorbentes, bombas de succión, entre otros medios.
CM-32. Cuando no sea posible realizar el mantenimiento de vehículos y maquinaria en un área específica, se deben impermeabilizar las áreas de trabajo con plásticos o lonas para prevenir la contaminación del suelo, y gestionar adecuadamente los materiales de protección contaminados como residuos peligrosos.	CC-27. Si el plan de mantenimiento preventivo no es efectivo, es necesario rediseñar e implementar un procedimiento más estricto para evitar daños causados por la gestión inadecuada de lubricantes, combustibles, etc.
CM-33. No se deben verter lubricantes, combustibles y otros productos en la red de alcantarillado ni en cuerpos de agua.	
CM-34. Las bodegas temporales deben tener las condiciones adecuadas de temperatura y estar alejadas de cuerpos receptores de agua. Además, dentro de la bodega, los productos deben estar rotulados, incluir advertencias de manejo (como temperatura de almacenamiento e inflamabilidad), y contar con equipos de control de fugas (como recipientes y aserrín) e incendios (como extintores).	

10.11 Para la reutilización y el reciclaje (C)

Tabla 46: Para la reutilización y el reciclaje (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-35. Realizar campañas de sensibilización para fomentar el reciclaje y la reutilización de los materiales utilizados durante la construcción. CM-36. Implementar un programa de reciclaje y reutilización de los residuos generados durante la construcción, con el objetivo de prevenir la contaminación del aire, agua y suelo. Este programa debería incluir: a) Identificación de las áreas o etapas del proceso donde se generan los residuos. b) Creación de un procedimiento de recolección, separación, almacenamiento temporal y disposición de los residuos. c) Clasificación de los residuos según su posibilidad de reutilización o reciclaje. d) Realización de un inventario de los residuos generados en la construcción. e) Establecimiento de los costos de disposición y tratamiento de los residuos. f) Identificación de los materiales que pueden ser reutilizados en la construcción. g) Desarrollo de un plan de comercialización de los residuos. CM-37. Materiales con potencial de reciclaje: a) Materiales de construcción como concreto, cerámica, piedra natural, vidrio, entre otros. b) Metales como plomo, cobre, hierro, acero, aluminio, entre otros. c) Plásticos, cartón, madera, cauchos, entre otros	CC-28. En caso de impactos negativos en el agua y suelo debido a la gestión inadecuada de residuos en la construcción, se deberán tomar medidas para limpieza y disponer adecuadamente los residuos. También será necesario mejorar el programa de reciclaje y reutilización mediante la definición de parámetros técnicos adicionales, capacitación y motivación de los trabajadores o contratación de un experto en reciclaje y reutilización de residuos de la construcción.

10.12 Para la gestión de riesgos y amenazas (C)

Tabla 47: Para la gestión de riesgos y amenazas (c)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CM-38. Entrenar a los trabajadores en el uso seguro de la maquinaria y equipos necesarios en la construcción, así como en temas de seguridad laboral y el uso de equipo de protección personal.	CC-29. En caso de que un accidente laboral afecte la salud de un empleado, es necesario brindar atención médica de inmediato o trasladar al trabajador a un centro médico para tratar el daño.
CM-39. Proveer a los trabajadores con el equipo de protección personal adecuado (casco, guantes, mascarilla, botas, etc.) de acuerdo con los requerimientos de seguridad en la obra (soldadura, electricidad, etc.). El uso del equipo es obligatorio. Además, se debe tener un botiquín de primeros auxilios en el área de construcción y mantenerlo en buen estado. Las áreas de tránsito de personas y vehículos, áreas de riesgo y rutas de evacuación deben ser señaladas.	CC-30. El plan de contingencia debe ser revisado y mejorado con medidas de prevención más estrictas.
CM-40. Se sugiere disponer de extintores en áreas con riesgo de incendios (bodega, etc.), vehículos, maquinarias y equipos. Estos deben ser revisados periódicamente y el personal debe ser entrenado en su uso correcto. Los tanques de abastecimiento de agua y cualquier otra obra realizada en altura deberán contar con escaleras fijas con aros de seguridad para evitar accidentes	CC-31. Si ocurren eventos naturales como inundaciones, huracanes o deslizamientos en la zona de construcción, se deben llevar a cabo labores de limpieza y recoger los residuos y sustancias peligrosas en la medida de lo posible.
CM-41. Cumplir con las normas de higiene y seguridad, y tener un plan de contingencias en caso de eventos naturales, emergencias con residuos y sustancias peligrosas, accidentes laborales, incendios, etc.	CC-32. Se debe informar a las autoridades pertinentes (como el Comité Permanente de Contingencias) sobre los impactos.
CM-42. Evitar trabajar en áreas cercanas a lagunas, ríos y quebradas, menos de 50 m de cualquier cuerpo de agua	

11. Buenas prácticas en la etapa de operación (O)

En la etapa de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento (APS), es fundamental implementar buenas prácticas para garantizar la sostenibilidad y calidad del suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales. La implementación de buenas prácticas en la etapa de operación ayuda a reducir los impactos ambientales y garantizar la seguridad y calidad del agua para la salud humana y del medio ambiente.

La etapa de operación de los sistemas de APS abarca diversas actividades, como el monitoreo de la calidad del agua, el mantenimiento de la infraestructura de captación y tratamiento, la verificación de la calidad del agua tratada y la implementación de tecnologías adecuadas. Por lo tanto, la implementación de buenas prácticas en esta etapa puede contribuir significativamente a minimizar los riesgos ambientales y mejorar la calidad del agua potable y tratamiento de aguas residuales.

En este contexto, se presentan una serie de medidas de mitigación y recomendaciones para cada subetapa de operación de los sistemas de APS, con el objetivo de reducir los impactos ambientales y garantizar la sostenibilidad y calidad del suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales. La implementación de estas medidas y recomendaciones puede ayudar a garantizar la seguridad y calidad del agua y a proteger el medio ambiente en la etapa de operación de los sistemas de APS.



Sistema
tratamiento de
agua residuales
amigables con el
medio ambiente y
resilientes, Plan de
la Brea, Copán.

11.1 Identificación de impactos ambientales en la etapa de operación de sistemas de agua potable y saneamiento

La operación de sistemas de agua potable y saneamiento puede tener impactos significativos en el medio ambiente si no se lleva a cabo de manera adecuada. Por lo tanto, es importante identificar los posibles impactos ambientales que puedan surgir por las actividades llevadas a cabo en cada subetapa de operación. En este sentido, es necesario conocer los efectos que estas actividades pueden tener en el aire, el agua, el suelo, los recursos biológicos y paisajísticos. Para lograr esto, se presenta un cuadro con los posibles impactos ambientales que se pueden generar en cada subetapa de operación, a fin de establecer medidas y recomendaciones adecuadas para reducir los riesgos y aplicar buenas prácticas ambientales en la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento.

Tabla 48: Identificación de impactos ambientales en la etapa de operación de sistemas de agua potable y saneamiento

Subetapa de operación	Factor ambiental	Posibles impactos
Mantenimiento de reservorios	Agua	Contaminación por fugas o derrames de sustancias químicas
	Recursos biológicos	Daño a la fauna y flora acuática
Mantenimiento de tuberías	Agua	Contaminación por fugas o derrames de sustancias químicas
	Suelo	Contaminación por excavaciones o roturas
Cloración del agua	Agua	Contaminación por el uso excesivo de químicos
	Recursos biológicos	Daño a la fauna y flora acuática
	Aire	Emisión de gases tóxicos

11.2 Medidas de mitigación para la etapa de operación de captación de manantial

La captación de agua de manantial es una fuente importante de abastecimiento de agua potable para muchas comunidades. Sin embargo, es necesario implementar medidas de mitigación en la etapa de operación para garantizar la calidad del agua y la sostenibilidad del suministro a largo plazo. En este sentido, es importante realizar un monitoreo regular de la calidad del agua captada, así como implementar medidas para controlar el acceso de animales y personas no autorizadas al área de captación. Además, se debe establecer un plan de emergencia y respuesta a incidentes en caso de una contaminación accidental del agua.

Es necesario capacitar al personal encargado de la operación del sistema y establecer una comunicación efectiva con la comunidad local. Otras medidas importantes incluyen la implementación de tecnologías adecuadas para la captación y tratamiento de agua potable, así como el monitoreo de los niveles de agua para garantizar la sostenibilidad del suministro.

En este acápite, se describen en detalle las medidas de mitigación necesarias en la etapa de operación para la captación de agua de manantial en un sistema de agua potable.

Tabla 49: Medidas de mitigación para la etapa de operación de captación de manantial

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-01	Monitoreo de calidad del agua	Este monitoreo nos permitirá detectar cualquier cambio en la calidad del agua y, en caso de encontrar algún problema que no cumpla con los parámetros de la Norma de Calidad de Agua.
OM-02	Mantenimiento y limpieza de la infraestructura	Realizar mantenimiento regular y limpieza de la infraestructura de captación de agua, incluyendo las tuberías, las bombas y los filtros, para garantizar que funcionen correctamente y para evitar la acumulación de sedimentos y otros contaminantes.
OM-03	Control de acceso al área de captación	Se debe controlar el acceso al área de captación para evitar la entrada de animales y la contaminación por actividades humanas no autorizadas. De ser posible, se recomienda cercar dicha área.
OM-04	Plan de protección de la fuente de abastecimiento	Es un conjunto de estrategias y medidas para asegurar la calidad y seguridad del suministro de agua, evitando la contaminación desde su origen y controlando el acceso no autorizado. Puede incluir cercas y procedimientos de monitoreo para preservar el recurso y garantizar agua potable segura y sostenible para las comunidades.
OM-05	Capacitación del personal	Capacitar al personal encargado de la operación del sistema de agua potable en las medidas de mitigación necesarias para garantizar la calidad del agua captada en el manantial.
OM-06	Comunicación con la comunidad	Establecer un mecanismo de comunicación con la comunidad local para informarles sobre la calidad del agua captada en el manantial y para recibir comentarios y sugerencias sobre la operación del sistema de agua potable.
OM-07	Control de plagas	Implementar medidas para controlar las plagas, como ratas e insectos, que puedan introducirse en el área de captación y contaminar el agua.
OM-08	Monitoreo de los caudales de agua	Se sugiere monitorear periódicamente los caudales de agua en el manantial, preferiblemente mensual o trimestralmente, para asegurar un suministro sostenible de agua potable. En caso de recursos limitados, se pueden usar métodos sencillos y económicos, como llevar un registro físico en una libreta. Esta información será valiosa para tomar decisiones informadas sobre el manejo adecuado de la fuente y garantizar su óptimo rendimiento para las comunidades beneficiadas.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-09	Implementación de tecnologías adecuadas	Implementar tecnologías adecuadas para la captación de agua en el manantial y para el tratamiento de agua potable, para garantizar una operación eficiente y sostenible del sistema de agua potable.
OM-10	Implementación de la tarifa de protección de recurso hídrico (TPRH)	• Consiste en incluir un canon adicional en la tarifa que pagan los usuarios del servicio de agua. • Realizar estudios para determinar el monto del canon adicional y su impacto en la tarifa. • Establecer acuerdos con la entidad reguladora para la aprobación oficial de la tarifa adicional.

11.3 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un desarenador y sedimentador

Tabla 50: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un desarenador

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-11	Inspección periódica	Se recomienda realizar inspecciones periódicas en el desarenador y sedimentador cada mes, o según lo indicado por el fabricante. Estas inspecciones son fundamentales para detectar posibles problemas de operación o mantenimiento de manera oportuna. Identificar cualquier desgaste o mal funcionamiento permitirá planificar acciones de mantenimiento preventivo y correcciones necesarias para prevenir inconvenientes mayores. Asimismo, ajustar la frecuencia de las inspecciones en casos de condiciones más exigentes o alta carga de trabajo garantizará un funcionamiento adecuado y una vida útil prolongada del equipo, al tiempo que se reducen los riesgos ambientales asociados.
OM-12	Limpieza regular	Se enfatiza la importancia de realizar limpiezas periódicas en el desarenador y sedimentador, al menos una vez al mes, o según lo indicado por el fabricante y las normativas locales. Estas limpiezas son fundamentales para prevenir la acumulación excesiva de arena y otros materiales, lo que mejorará la eficiencia del sistema y reducirá los riesgos ambientales asociados. Mantener el equipo limpio y en óptimas condiciones garantizará un funcionamiento óptimo y prolongará su vida útil, asegurando así el adecuado tratamiento y manejo de los materiales en el proceso. Si se identifica una mayor acumulación de material o condiciones más exigentes, se recomienda ajustar la frecuencia de las limpiezas para mantener un rendimiento adecuado del equipo.
OM-13	Tratamiento adecuado de residuos	Durante la limpieza del desarenador y sedimentador, se deben gestionar los residuos adecuadamente para reducir el impacto ambiental. Cumplir con las regulaciones locales y nacionales es esencial. Clasificar los residuos, reciclar y reutilizar cuando sea posible, tratar previamente si son peligrosos y contratar servicios autorizados son pasos importantes. Utilizar vertederos autorizados y mantener registros también son aspectos clave. La colaboración con autoridades locales y expertos en gestión de residuos es fundamental para asegurar una disposición responsable, protegiendo la salud pública y el ambiente.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-14	Capacitación del personal	Se debe proporcionar al personal encargado de operar y mantener el desarenador y sedimentador una capacitación completa en buenas prácticas ambientales, medidas de seguridad, conocimiento del equipo, procedimientos de operación, prácticas ambientales responsables, monitoreo y control de calidad del agua tratada, mantenimiento preventivo, gestión de emergencias y cumplimiento de regulaciones locales y nacionales. Fomentar la importancia de mantener registros precisos y documentación adecuada también es esencial. Además, se recomienda brindar actualizaciones periódicas y oportunidades de desarrollo profesional para mantener al personal informado sobre las últimas prácticas y tecnologías.
OM-15	Monitoreo regular	Es importante realizar monitoreos regulares del desarenador y sedimentador para asegurar su correcto funcionamiento y detectar posibles problemas o riesgos ambientales. Se sugiere una frecuencia de al menos una vez al mes, aunque puede ser mayor en condiciones más exigentes o con altas cargas de trabajo. Los resultados del monitoreo deben ser registrados y evaluados periódicamente para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y mejora del equipo, asegurando un tratamiento eficiente y seguro del agua. Siguiendo las recomendaciones del fabricante y las regulaciones locales, se garantiza el funcionamiento óptimo del desarenador y sedimentador.

11.4 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sedimentador

Tabla 51: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sedimentador

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-16	Inspección periódica	Se deben realizar inspecciones periódicas para identificar cualquier problema de operación o mantenimiento en el sedimentador. Esto ayudará a prevenir problemas mayores y reducir los riesgos ambientales.
OM-17	Limpieza regular	Es importante llevar a cabo una limpieza regular del sedimentador para evitar la acumulación excesiva de sedimentos y otros materiales. Esto mejorará la eficiencia del sistema y reducirá los riesgos ambientales.
OM-18	Tratamiento adecuado de residuos	Durante la limpieza del sedimentador, se deben manejar adecuadamente los residuos generados para minimizar el impacto ambiental. Los residuos deben ser dispuestos de acuerdo con las regulaciones locales (municipales) y nacionales.
OM-19	Capacitación del personal	El personal encargado de operar y mantener el sedimentador debe recibir capacitación adecuada en buenas prácticas ambientales y medidas de seguridad. Esto garantizará que se sigan los procedimientos correctos y se minimice el riesgo ambiental.
OM-20	Monitoreo regular	Es importante llevar a cabo monitoreo regular del sedimentador para asegurar su correcto funcionamiento y detectar cualquier problema o situación de riesgo ambiental. Los resultados del monitoreo deben ser registrados y evaluados periódicamente.

11.5 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una planta de tratamiento

Tabla 52: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una planta de tratamiento

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-21	Inspección periódica	Inspecciones periódicas son fundamentales para prevenir problemas, reducir riesgos y asegurar calidad del agua. Se monitorean parámetros clave como turbiedad, pH, cloro, conductividad, coliformes, sólidos, alcalinidad, oxígeno, nitratos, nitritos. Cumplir regulaciones locales garantiza seguridad del agua tratada. Importante monitoreo constante para protección ambiental y salud pública.
OM-22	Limpieza y mantenimiento regular	Son críticos para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable y reducir riesgos ambientales. Se recomienda limpiezas periódicas, al menos una vez al mes, para evitar acumulación de materiales y optimizar el equipo. El mantenimiento preventivo debe ser constante para asegurar buen estado y funcionamiento de los componentes. Realizar estas actividades de manera planificada y constante garantiza eficiencia y seguridad del proceso de tratamiento.
OM-23	Tratamiento adecuado de residuos	Tratamiento adecuado de residuos Un plan de gestión integral de residuos en la planta de tratamiento de agua potable incluye: separación en categorías, reducción en la fuente, reutilización y reciclaje cuando posible, tratamientos adecuados para residuos no reutilizables, y disposición segura de residuos peligrosos.
OM-24	Capacitación del personal	Se enfatiza la importancia de instruir al personal en buenas prácticas ambientales, como la conservación del agua y la reducción de residuos, para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Además, es fundamental capacitarlos en medidas de seguridad, tanto para su protección personal como para garantizar la seguridad del proceso y la calidad del agua tratada. Otros temas importantes a incluir en la capacitación son el conocimiento del equipo y los procesos de tratamiento, el monitoreo y control de parámetros, la identificación y respuesta a emergencias, y el cumplimiento de regulaciones locales y nacionales. Asegurar que el personal esté bien informado y entrenado en estos aspectos permitirá un funcionamiento eficiente y seguro de la planta, protegiendo así la salud pública y el medio ambiente.
OM-254	Monitoreo regular	Se destaca la importancia de monitorear periódicamente la planta de tratamiento de agua potable para asegurar su correcto funcionamiento y detectar riesgos ambientales. Prestar atención a parámetros críticos como turbiedad, pH, cloro residual y calidad microbiológica. Registrar los resultados en una Bitácora de Operación para una evaluación sistemática. Los registros permiten tomar decisiones informadas y ajustar la operación para garantizar agua potable de calidad y proteger el medio ambiente y la salud pública.
OM-26	Uso eficiente de energía y agua	Para lograrlo, se pueden aplicar diversas medidas, como la optimización de equipos y procesos, el uso de tecnologías más eficientes y la incorporación de sistemas de automatización y control. Además, es crucial llevar a cabo una evaluación detallada del consumo energético y de agua en la planta para identificar áreas de mejora y establecer metas de reducción. Capacitar al personal sobre buenas prácticas y sensibilizarlos sobre la importancia del ahorro de recursos también es fundamental.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-27	Gestión adecuada de productos químicos	Los productos químicos utilizados en la planta de tratamiento de agua potable deben ser los aprobados por el ente competente para tal fin, y ser almacenados y utilizados de manera adecuada para minimizar los riesgos ambientales. Se deben seguir las regulaciones para transporte de materiales o sustancias químicas o peligrosas. Los operadores deberán contar con equipo de seguridad para la manipulación de sustancias químicas y están familiarizados con el uso de los productos empleados para el tratamiento de las aguas.
OM-28	Manejo adecuado de residuos peligrosos	Los residuos peligrosos generados en la planta de tratamiento de agua potable deben ser manejados adecuadamente para minimizar los riesgos ambientales y de salud pública. Se deben seguir las regulaciones nacionales y los procedimientos de manejo seguro de los residuos peligrosos.

11.6 Medidas de mitigación para la etapa de operación de prefiltros y filtros lentos

Tabla 53: Medidas de mitigación para la etapa de operación de prefiltros y filtros lentos

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-29	Inspección y limpieza periódicas	Se deben realizar inspecciones y limpiezas periódicas de los prefiltros y filtros lentos para asegurar su correcto funcionamiento y evitar la acumulación excesiva de materia orgánica y partículas. Esto mejorará la eficiencia del sistema y reducirá los riesgos ambientales.
OM-30	Control del caudal y velocidad de filtración	Es importante controlar el caudal y velocidad de filtración en los prefiltros y filtros lentos para asegurar su correcto funcionamiento y evitar la saturación. Esto también ayudará a reducir los riesgos ambientales y mejorar la calidad del agua potable.
OM-31	Monitoreo regular de la calidad del agua	Se debe llevar a cabo un monitoreo regular de la calidad del agua antes y después de los prefiltros y filtros lentos para asegurar que se estén eliminando los contaminantes y para detectar cualquier problema o situación de riesgo ambiental. Los resultados del monitoreo deben ser registrados y evaluados periódicamente.
OM-32	Capacitación del personal	El personal encargado de operar y mantener los prefiltros y filtros lentos debe recibir capacitación adecuada en buenas prácticas ambientales y medidas de seguridad. Esto garantizará que se sigan los procedimientos correctos y se minimice el riesgo ambiental.
OM-33	Tratamiento adecuado de residuos	Durante la limpieza de los prefiltros y filtros lentos, se deben manejar adecuadamente los residuos generados para minimizar el impacto ambiental. Los residuos deben ser dispuestos de acuerdo con las regulaciones nacionales.
OM-34	Gestión adecuada de productos químicos	Los productos químicos utilizados en la limpieza y mantenimiento de los prefiltros y filtros lentos deben ser almacenados y utilizados de manera adecuada para minimizar los riesgos ambientales. Se deben seguir las regulaciones nacionales y los procedimientos de manejo seguro de los productos químicos.

11.7 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un tanque de almacenamiento

Tabla 54: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un tanque de almacenamiento

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-34	Monitoreo de la calidad del agua	Inspecciones y monitoreos periódicos (al menos una vez al mes) son esenciales para prevenir problemas mayores y reducir riesgos ambientales. Se evalúan parámetros clave como turbiedad, pH, cloro residual, coliformes totales, E. coli, entre otros. Estos análisis garantizan agua segura para consumo y uso doméstico. Monitoreo constante y riguroso, siguiendo regulaciones y la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable de Honduras.
OM-35	Limpieza y mantenimiento regular	Se recomienda realizar limpiezas y mantenimientos regulares del tanque de almacenamiento de agua al menos una vez al año, ajustando la frecuencia según la calidad del agua de entrada, la cantidad de sedimentos y las condiciones ambientales. La limpieza periódica es esencial para eliminar sedimentos y residuos que puedan afectar la calidad del agua y causar problemas de salud pública. Además, inspecciones periódicas son vitales para evaluar el estado del tanque y detectar posibles daños que afecten su integridad y calidad del agua almacenada. Estas prácticas garantizan un suministro confiable y de alta calidad para las comunidades.
OM-36	Implementación de medidas de seguridad	Es esencial establecer y aplicar medidas de seguridad efectivas para prevenir el acceso no autorizado al tanque, especialmente en zonas rurales. Recomendamos la instalación de cercas perimetrales y servicios de vigilancia para supervisar el área. Estas acciones evitarán riesgos y actos de vandalismo o contaminación.
OM-37	Capacitación del personal	Es fundamental brindar capacitación específica sobre el mantenimiento y operación del tanque, siguiendo el plan general de sistema. Durante la capacitación, se instruirá al personal en la realización de inspecciones visuales, el control de niveles de agua, la medición de parámetros de calidad del agua almacenada, el mantenimiento preventivo y correcciones en caso de problemas. Se enfatizará la importancia de implementar medidas de seguridad adecuadas para prevenir el acceso no autorizado al tanque. Mantener un registro detallado de todas las actividades será esencial para facilitar un seguimiento adecuado y garantizar la eficiencia en la operación del tanque.
OM-38	Mantenimiento de registros	Se deben mantener registros detallados de todas las actividades relacionadas con el tanque en una bitácora de operación y mantenimiento, incluyendo las pruebas de calidad del agua, las limpiezas y el mantenimiento.
OM-39	Plan de contingencia	El plan debe incluir procedimientos de respuesta a emergencias, inspecciones y monitoreo continuo, reservas de agua adicionales, medidas de protección física, evaluación de riesgos, comunicación y coordinación, capacitación del personal y almacenamiento seguro de productos químicos. Estas medidas garantizarán una respuesta eficiente y protegerán la calidad del agua almacenada en el tanque, asegurando un suministro seguro y confiable para las comunidades.

11.8 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sistema de desinfección con cloración

Tabla 55: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un sistema de cloración

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-40	Monitoreo constante del cloro residual	Es esencial realizar un monitoreo continuo del cloro residual en el agua almacenada en el tanque para asegurar su efectiva cloración y cumplir con los niveles recomendados de 0.5 a 1 ppm según la Norma Técnica de Agua Potable de Honduras. Los resultados del monitoreo se registrarán sistemáticamente en una bitácora de control para un seguimiento detallado de la calidad del agua y tomar decisiones informadas para garantizar la seguridad y potabilidad del suministro de agua potable.
OM-41	Capacitación del personal	Es fundamental brindar capacitación periódica al personal involucrado en la operación del sistema de cloración, abordando temas clave como la manipulación segura del cloro, los procedimientos adecuados de dosificación y mezcla, el monitoreo constante del cloro residual en el agua, el mantenimiento y calibración de los equipos de cloración, así como las medidas de seguridad para evitar riesgos durante el manejo de productos químicos. La capacitación también debe enfocarse en la identificación y resolución de posibles problemas y la importancia de mantener registros precisos y actualizados del proceso de desinfección.
OM-42	Limpieza y mantenimiento regular	Se deben llevar a cabo inspecciones y limpiezas regulares del sistema de cloración de acuerdo al Plan de Operación y Mantenimiento, para prevenir la acumulación de sedimentos, indicios de fuga y corrosión de los equipos de cloración.
OM-43	Implementación de medidas de seguridad	Es imprescindible establecer y aplicar medidas de seguridad efectivas para evitar el acceso no autorizado al sistema de cloración. Se recomienda instalar señalización clara y visible, así como cercas perimetrales para proteger el área y prevenir incidentes no deseados. Además, en el caso de sistemas de cloro-gas, es fundamental asegurar que los cilindros estén sujetos de manera segura a bastidores de acero inoxidable mediante cadenas para evitar cualquier posibilidad de caída accidental. Estas acciones de seguridad son vitales para proteger la integridad del sistema de cloración y garantizar la seguridad tanto del personal como de la comunidad en general.
OM-44	Mantenimiento de registros	Se deben mantener registros detallados de todas las actividades relacionadas con el sistema de cloración, incluyendo el monitoreo del cloro residual, las limpiezas y el mantenimiento.
OM-45	Plan de contingencia	Debe haber un plan de contingencia en su lugar para hacer frente a situaciones de emergencia, como el fallo del sistema de cloración contactando a la institución local más preparada para controlar este tipo de contingencias (Cuerpo de Bomberos) o la contaminación del agua por sobredosificación de cloro. Además, se recomienda realizar simulacros periódicos para asegurar que el personal esté preparado y sepa cómo actuar en caso de una emergencia.

11.9 Medidas de mitigación para la etapa de operación una línea de conducción

Tabla 56: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una línea de conducción

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-46	Control de fugas	Implementar un programa de control de fugas para minimizar la pérdida de agua en la línea de conducción. Incluye inspecciones regulares, reparación o reemplazo de tuberías y monitoreo de presión.
OM-47	Monitoreo de calidad del agua	Se deben realizar pruebas regulares de calidad del agua para garantizar que cumpla con los estándares de potabilidad. Los monitoreos deben llevarse a cabo al menos una vez al mes, pudiendo ajustarse según la normativa local y condiciones específicas del sistema. Estas pruebas permitirán detectar posibles contaminaciones o desviaciones de los estándares, asegurando la seguridad del agua suministrada. La capacitación del personal en la toma de muestras y análisis de calidad del agua será parte integral del proceso, garantizando resultados precisos para evaluar la calidad del agua en la línea de conducción.
OM-48	Mantenimiento regular	Realizar un mantenimiento regular de la línea de conducción, incluyendo limpieza de tuberías, reemplazo de válvulas y reparación de equipos de acuerdo al Plan de Operación y mantenimiento. Se deberá contar en almacén con tuberías y accesorios de reemplazo para atención oportuna de fugas y roturas.
OM-49	Capacitación del personal	Se debe capacitar al personal en prácticas seguras y eficientes, manejo de equipos y herramientas específicas para la operación y mantenimiento de la línea de conducción. La capacitación incluirá la operación de válvulas y compuertas, monitoreo de presiones y caudales, detección y reparación de fugas, mantenimiento de tuberías y accesorios, protección de la calidad del agua durante el transporte y gestión de emergencias. El cumplimiento de las normativas y regulaciones locales y nacionales también será enfatizado. Esta capacitación asegurará un suministro confiable de agua potable y un adecuado saneamiento para las comunidades beneficiadas.
OM-50	Plan de emergencia	Elaborar un plan de emergencia en caso de roturas de tubería, fallas en equipos o cualquier otro evento que pueda afectar la operación de la línea de conducción. Incluye protocolos de seguridad y comunicación.
OM-51	Monitoreo de la demanda	Es fundamental realizar un monitoreo constante de la demanda de agua para ajustar de manera eficiente la operación de la línea de conducción y minimizar el desperdicio de este recurso vital. El monitoreo periódico permitirá identificar patrones de consumo y picos de demanda, lo que facilitará la planificación adecuada para satisfacer las necesidades de suministro en tiempo real. Mediante la adaptación de la operación de la línea de conducción según la demanda fluctuante, se optimizará el uso de agua, garantizando un suministro eficiente y sostenible para las comunidades y usuarios.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-52	Control de la erosión	Implementar medidas para controlar la erosión en las áreas cercanas a la línea de conducción, incluyendo la estabilización de taludes y la construcción de barreras de protección.
OM-53	Protección contra la corrosión	Proteger la línea de conducción contra la corrosión mediante la aplicación de recubrimientos, la instalación de ánodos de sacrificio u otras medidas adecuadas.
OM-54	Monitoreo de la presión	Para garantizar un flujo adecuado y prevenir daños en tuberías y equipos, se deben medir periódicamente los valores de presión a lo largo de la línea de conducción. Esto se logra mediante dispositivos de monitoreo como medidores de presión o sensores estratégicamente ubicados. Es fundamental registrar datos precisos de presión en diferentes momentos y condiciones de operación. La presión debe mantenerse dentro de un rango específico, generalmente entre 50 a 150 psi o 3.5 a 10.3 bar., de acuerdo con regulaciones locales. Si no se consideró la medición de presión en el diseño original, se deben añadir estructuras o equipos de regulación adicionales para una gestión efectiva del sistema.
OM-55	Gestión de residuos	Implementar un programa de gestión de residuos adecuado para minimizar la contaminación ambiental y garantizar la seguridad del personal y la comunidad.

11.10 Medidas de mitigación para la etapa operación de una red de distribución

Tabla 57: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una red de distribución

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-56	Control de presión en la red	Se debe mantener una presión óptima en la red de distribución de agua para prevenir fugas y roturas en las tuberías. La presión debe mantenerse dentro de un rango recomendado, generalmente entre 20 a 80 psi o 1.4 a 5.5 bar, para asegurar un flujo constante y evitar problemas asociados con una presión demasiado alta o baja.
OM-57	Programa de mantenimiento preventivo	Que incluirá inspecciones regulares, limpiezas y desinfecciones periódicas, pruebas de calidad del agua, corrección inmediata de problemas identificados, sustitución de componentes desgastados, implementación de sistemas de monitoreo de presión y caudal, detección y reparación de fugas, capacitación del personal de mantenimiento, y registro detallado de las actividades realizadas. Este programa asegurará un funcionamiento eficiente de la red, reduciendo interrupciones en el suministro, minimizando pérdidas de agua y preservando la calidad del agua para proteger la salud pública.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-58	Control de calidad del agua	Es fundamental realizar pruebas de calidad del agua en la red con el propósito de garantizar el cumplimiento de los estándares sanitarios y de seguridad establecidos. Estas pruebas deben abarcar parámetros críticos como la concentración de cloro residual, turbiedad, pH, coliformes totales, Escherichia coli (E. coli) y niveles de metales pesados, entre otros.
OM-59	Monitoreo de la red	Monitoreo de la red implica adoptar tecnologías de Infraestructura Inteligente de Agua (SWIT) para automatizar y monitorear el servicio de agua. Estas tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de telemetría, permiten una supervisión en tiempo real de la red de distribución, detectando fugas y problemas de manera precisa. La implementación de SWIT facilita la toma de decisiones informadas, optimizando la gestión y operación de la red para asegurar un suministro eficiente y reducir pérdidas de agua.
OM-60	Sistema de alerta temprana	Se debe desarrollar un sistema de alerta temprana para detectar y responder rápidamente a problemas en la red de distribución de agua potable. Se pueden emplear tecnologías y soluciones prácticas para medir parámetros clave, como la presión, caudal y calidad del agua, y capacitar al personal y la comunidad en la identificación de situaciones de riesgo y la aplicación de medidas preventivas. La participación activa de la comunidad y la eficiencia en la comunicación y coordinación con las autoridades pertinentes serán fundamentales para una respuesta rápida y efectiva en caso de emergencias.
OM-61	Capacitación y entrenamiento del personal	Capacitar y entrenar al personal de la red de distribución de agua potable en temas fundamentales como la operación y mantenimiento de la infraestructura, calidad del agua, seguridad en el trabajo, conservación del agua, monitoreo y detección de fugas, manejo de emergencias, comunicación con los usuarios, cumplimiento normativo y tecnologías innovadoras.
OM-62	Uso eficiente de energía	implementar eficiencia energética en la distribución de agua potable, mediante tecnologías de bombeo más eficientes, variadores de frecuencia y horarios optimizados. También se considera la adopción de energías renovables y la capacitación del personal.
OM-63	Gestión adecuada de residuos	Gestionar adecuadamente los residuos generados durante la operación de la red de distribución de agua potable
OM-64	Comunicación y colaboración con la comunidad	Establecer canales de comunicación y colaboración con la comunidad, utilizando medios tradicionales y digitales, para mejorar la transparencia y la eficacia en la operación de la red de distribución de agua potable. Organizar reuniones periódicas con representantes de la comunidad y grupos de interés permitirá discutir temas relacionados con el servicio, recibir retroalimentación y abordar inquietudes. La comunicación bidireccional y la participación activa de la comunidad serán fundamentales para establecer una relación de confianza y alinear las decisiones y acciones con las necesidades y expectativas de los usuarios.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-65	Plan de contingencia	Se debe implementar un plan de contingencia que permita una respuesta efectiva ante situaciones de emergencia y asegure la continuidad de la operación. Asimismo, es esencial mantener un stock de repuestos para atender rápidamente cualquier daño o avería que pueda surgir.

11.11 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una cámara distribuidora

Tabla 58: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una cámara distribuidora

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-66	Inspección periódica de la cámara distribuidora de caudales	Realizar inspecciones periódicas de la cámara distribuidora de caudales, reunión y rompe carga para asegurar su correcto funcionamiento y eficiencia en el proceso de distribución de agua potable. Estas inspecciones permitirán detectar cualquier problema o desgaste en la cámara, así como asegurar un flujo adecuado y sin pérdidas en el sistema. Asimismo, se llevarán a cabo las acciones correctivas necesarias para garantizar el suministro óptimo de agua a la comunidad.
OM-67	Programa de mantenimiento preventivo	con el objetivo de prevenir problemas de funcionamiento y asegurar su óptimo rendimiento. Durante el mantenimiento, se llevarán a cabo inspecciones, limpiezas y ajustes necesarios para garantizar que la cámara funcione de manera eficiente y sin contratiempos.
OM-68	Monitoreo constante del nivel de agua	Los datos a recopilar incluyen el nivel de agua en tiempo real, la variación del nivel con el tiempo, las fluctuaciones y caudales de entrada y salida de agua, y la temperatura del agua en ciertos casos. Además, según la importancia de la cámara en el sistema de distribución, se deben considerar datos de calidad del agua, como pH, turbidez y cloro residual. El registro y análisis sistemático de estos datos proporcionará información valiosa para la toma de decisiones informadas, permitiendo detectar problemas de manera temprana, implementar mantenimiento preventivo y garantizar un suministro de agua potable confiable y eficiente para la comunidad.
OM-69	Implementación de alarmas de nivel de agua	Establecer alarmas para alertar sobre variaciones en el nivel de agua en la cámara distribuidora de caudales y otros puntos clave del sistema de distribución. Estas alarmas se pueden implementar mediante diferentes tecnologías, como sensores de nivel de agua, sistemas de telemetría, SCADA y sistemas de monitoreo remoto basados en la nube. La capacitación adecuada del personal encargado en la interpretación de estas alarmas y la toma de medidas correctivas también es fundamental para garantizar la eficiencia y seguridad en la operación del sistema de distribución de agua potable.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-70	Control de calidad del agua que ingresa a la cámara	Se deben realizar pruebas regulares de calidad del agua que ingresa a la cámara distribuidora de caudales para asegurar que cumple con los estándares requeridos para su adecuación. Estas pruebas pueden incluir la medición de parámetros como la turbidez, el pH, la presencia de coliformes y otros contaminantes potenciales.
OM-71	Gestión adecuada de residuos y productos químicos	Se deben gestionar adecuadamente los residuos y productos químicos generados. Esto incluye implementar prácticas de segregación, almacenamiento y disposición final de manera segura y respetuosa con el medio ambiente. Algunos de los residuos y productos químicos que podrían encontrarse son material de limpieza, filtros usados, envases de productos químicos y productos para el tratamiento del agua, como cloro, polímero coagulante, entre otros.
OM-72	Capacitación y entrenamiento del personal	Durante esta capacitación, se debe abordar temas como el funcionamiento y mantenimiento de las cámaras, la operación de equipos y sistemas, la identificación y resolución de problemas comunes, así como las medidas de seguridad y prevención de riesgos. Además, se debe asegurar que el personal esté familiarizado con los protocolos de emergencia y los procedimientos de respuesta ante situaciones imprevistas.
OM-73	Implementación de un sistema de registro y seguimiento	Se adaptará la frecuencia de registro según la criticidad de cada acción. Además, buscar integrar herramientas de gestión y planificación para optimizar operaciones y tomar decisiones informadas. El sistema también incluirá seguimiento detallado del consumo de agua y caudales en la red, para detectar patrones de uso y posibles pérdidas. Registrar las acciones tomadas en respuesta a alarmas y emergencias para evaluar su efectividad y mejorar los protocolos de respuesta. Mantener registro de capacitaciones y entrenamientos del personal.
OM-74	Comunicación y colaboración con la comunidad	Se proporcionará información relevante sobre las actividades realizadas, los resultados del monitoreo de calidad del agua, las medidas implementadas para garantizar un suministro seguro y confiable, y cualquier otro aspecto que pueda ser de interés para los usuarios del servicio de agua potable. Se utilizarán diversos medios de comunicación, como boletines informativos, redes sociales, sitios web y reuniones comunitarias, para asegurar una comunicación bidireccional y brindar la oportunidad de recibir retroalimentación y responder a inquietudes o preguntas de la comunidad.
OM-75	Plan de contingencia para situaciones de emergencia	El plan incluirá acciones específicas para abordar posibles escenarios, como fugas, roturas en las tuberías, contaminación del agua o fallos en el sistema. Se identificarán las responsabilidades y roles del personal involucrado, así como los recursos y equipos necesarios para llevar a cabo las acciones de respuesta de manera eficiente. Además, se considerarán mecanismos de comunicación y coordinación con las autoridades locales y la comunidad para asegurar una respuesta efectiva y colaborativa. Se llevarán a cabo simulacros periódicos para probar la efectividad del plan y capacitar al personal en la implementación adecuada de las medidas de emergencia.

11.14 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de aire

Tabla 59: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de aire

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-76	Establecer un programa de mantenimiento preventivo	Este programa consistirá en inspecciones periódicas y programadas para identificar posibles fallas o desgastes en las válvulas antes de que se conviertan en problemas mayores. Durante estas inspecciones, se llevarán a cabo ajustes, lubricación y limpieza de las válvulas, y se reemplazarán las piezas dañadas o desgastadas. Además, se registrarán todas las actividades y hallazgos en una bitácora de mantenimiento para llevar un seguimiento detallado de las acciones realizadas y facilitar la toma de decisiones informadas.
OM-77	Realizar inspecciones periódicas	Estas inspecciones programadas se llevarán a cabo de manera regular y sistemática, permitiendo la detección temprana de cualquier problema de mantenimiento que pueda surgir. Durante las inspecciones, se verificará el estado general de las válvulas, incluyendo su funcionamiento, ajustes, conexiones y sellados. Se realizarán limpiezas y lubricaciones según sea necesario, y se reemplazarán componentes desgastados o dañados. Además, se registrarán todos los hallazgos y acciones tomadas en una bitácora de mantenimiento para tener un historial completo y facilitar futuras evaluaciones.
OM-78	Capacitar al personal en el manejo de las válvulas de aire	Durante la capacitación, se abordarán temas clave, como el funcionamiento y operación de las válvulas, su ubicación y propósito dentro del sistema de distribución, así como las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo. Además, se instruirá al personal en la identificación de posibles problemas y la toma de decisiones para resolver situaciones inesperadas.
OM-79	Establecer un sistema de registro de operaciones	Este registro deberá contener la fecha y hora de cada operación, la descripción detallada de la actividad realizada, los resultados y observaciones obtenidos, el personal responsable de la intervención, las condiciones ambientales durante la operación, datos de monitoreo relevantes, acciones tomadas, materiales y equipos utilizados, así como observaciones y recomendaciones para futuras intervenciones.
OM-80	Establecer procedimientos de emergencia	Estos procedimientos deben incluir la identificación temprana de problemas, la notificación inmediata al personal encargado, la evaluación de la gravedad de la situación y la activación de acciones correctivas rápidas y eficientes. Además, se deberá establecer una cadena de comunicación y coordinación con las autoridades pertinentes y las partes interesadas para una respuesta efectiva en situaciones de emergencia. Asimismo, es crucial que el personal responsable reciba capacitación adecuada sobre estos procedimientos y se realicen simulacros periódicos para asegurar una preparación adecuada ante posibles contingencias.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-81	Realizar pruebas de funcionamiento	Estas pruebas deben llevarse a cabo regularmente y de manera sistemática para verificar su funcionamiento óptimo y detectar posibles desviaciones o problemas de operación. Durante las pruebas, se evaluará la capacidad de las válvulas de aire para liberar el exceso de aire acumulado en el sistema, asegurando así que no haya interrupciones en el suministro de agua y que el sistema funcione eficientemente. Además, es fundamental mantener registros detallados de las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las acciones correctivas implementadas en caso de que se detecten irregularidades.
OM-82	Establecer medidas de seguridad para el personal	Se deben implementar medidas como proporcionar y asegurarse de que el personal utilice el equipo de protección personal adecuado, capacitar regularmente al personal en prácticas seguras de trabajo, restringir el acceso a áreas peligrosas, establecer procedimientos y protocolos para actuar en situaciones de emergencia, implementar sistemas de comunicación efectivos y realizar inspecciones regulares de seguridad en las instalaciones y equipos relacionados.
OM-83	Establecer medidas para prevenir la corrosión	Para ello, se deben implementar medidas de protección contra la corrosión, como el recubrimiento con materiales resistentes a la corrosión, el uso de recubrimientos epóxicos, la aplicación de pinturas anticorrosivas y la utilización de materiales de construcción adecuados. Además, es esencial realizar inspecciones periódicas para identificar posibles áreas afectadas por la corrosión y tomar medidas correctivas de manera oportuna.
OM-84	Establecer medidas para el manejo de residuos	Para ello, se deben implementar procedimientos de separación, almacenamiento y disposición de residuos de acuerdo con las regulaciones ambientales vigentes. Se fomentará la reutilización y reciclaje de materiales siempre que sea posible, y se garantizará que los residuos peligrosos sean manejados y eliminados de manera segura y responsable.

11.15 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de purga

Tabla 60: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de purga

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-85	Capacitación del personal de operación	Los temas principales de la capacitación incluirán el funcionamiento de las válvulas de purga, tipos de válvulas disponibles, mantenimiento preventivo y correctivo, procedimientos de purga, medidas de seguridad, normas y regulaciones, monitoreo y registro, mejores prácticas, respuesta a emergencias y actualizaciones tecnológicas.
OM-86	Monitoreo periódico del estado de las válvulas	Durante las inspecciones periódicas, se medirán parámetros clave como la presión de operación, la velocidad de flujo y el caudal de purga para verificar su correcto funcionamiento. Además, se evaluará la efectividad de las válvulas para eliminar el aire atrapado en el sistema de distribución y se registrarán los datos obtenidos para un análisis más detallado. Se prestará especial atención a posibles vibraciones, ruidos anormales y variaciones en la presión, que podrían indicar desgaste o problemas en los componentes internos.
OM-87	Implementación de un plan de mantenimiento	El plan incluirá procedimientos específicos para realizar inspecciones periódicas, limpieza, lubricación y ajustes necesarios para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. Asimismo, se establecerán pautas para la identificación y corrección rápida de posibles problemas o averías que puedan surgir en el sistema.
OM-88	Instalación de dispositivos de seguridad	Se realizará la instalación de dispositivos de seguridad de alta calidad y adecuados a cada tipo de válvula de purga, con el objetivo de prevenir fallas o accidentes durante su manipulación. Estos dispositivos pueden incluir sistemas de bloqueo, válvulas de alivio de presión y dispositivos de advertencia visual y sonoro. Asimismo, se brindará capacitación al personal encargado sobre el correcto uso de estos dispositivos y la importancia de seguir los protocolos de seguridad establecidos.
OM-89	Rotulación clara y visible de las válvulas	Cada válvula será etiquetada con información relevante, como su función, el sentido de operación y cualquier otra indicación necesaria para su correcta manipulación. Además, se asegurará que los rótulos estén elaborados con materiales resistentes y duraderos, capaces de soportar las condiciones ambientales y mantener su legibilidad con el tiempo.
OM-90	Establecimiento de procedimientos de operación	Estos procedimientos incluirán pasos específicos para abrir, cerrar y purgar las válvulas, así como indicaciones para su inspección y mantenimiento periódico. Además, se enfatizará en las prácticas seguras y en el uso adecuado de los dispositivos de seguridad instalados en las válvulas. Todo el personal involucrado en la manipulación y mantenimiento de estas válvulas recibirá capacitación adecuada y periódica sobre los procedimientos establecidos, lo que garantizará una operación eficiente y segura, y ayudará a prevenir fallas o accidentes durante su uso.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-91	Registro de las actividades de mantenimiento	Este registro incluirá información como la fecha y hora de la actividad, la descripción de la tarea realizada, el estado de la válvula antes y después del mantenimiento, los repuestos utilizados (si aplica), y el nombre y firma del personal encargado de realizar la tarea. El registro permitirá llevar un seguimiento preciso del mantenimiento realizado en cada válvula, facilitando la detección de patrones de desgaste o fallas recurrentes, y proporcionando un historial valioso para la toma de decisiones informadas. Además, esta información será útil para la planificación de futuras actividades de mantenimiento y para cumplir con los requisitos de auditoría y cumplimiento normativo.
OM-92	Identificación y evaluación de riesgos	Esto incluirá una evaluación cuidadosa de los riesgos para la seguridad del personal, como posibles accidentes o lesiones durante la operación, así como los riesgos para el sistema de distribución de agua, como fugas o interrupciones del suministro. Se tomarán medidas para mitigar estos riesgos, como la instalación de dispositivos de seguridad, la capacitación adecuada del personal en procedimientos seguros y el uso de equipos de protección personal cuando sea necesario.
OM-93	Implementación de medidas de contingencia	Implementar medidas de contingencia en caso de fallas o accidentes durante la manipulación de las válvulas de purga.

11.16 Medidas de mitigación para la etapa de operación de paseos aéreos de tubería

Tabla 61: Medidas de mitigación para la etapa de operación de paseos aéreos

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-94	Monitoreo regular	Realizar inspecciones y monitoreo periódico de los paseos aéreos para detectar cualquier posible falla o mal funcionamiento que pueda afectar la calidad del agua potable.
OM-95	Programa de mantenimiento	Este programa incluirá inspecciones periódicas para detectar posibles desgastes, corrosión o daños en los elementos estructurales y conexiones de los paseos aéreos. Además, se llevará a cabo una limpieza regular de los componentes para evitar la acumulación de sedimentos u otros materiales que puedan afectar el flujo del agua. Con el fin de optimizar recursos, se fomentará el uso de técnicas y herramientas de bajo costo, como inspecciones visuales y medidas manuales, aprovechando el conocimiento del personal local y capacitándolos para identificar signos tempranos de deterioro.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-96	Capacitación del personal	Capacitar al personal encargado del manejo de los paseos aéreos en los siguientes temas: 1) Importancia y funcionamiento de los paseos aéreos en el sistema de abastecimiento de agua potable; 2) Identificación y manejo de posibles fallas o problemas en los paseos aéreos; 3) Técnicas adecuadas de mantenimiento y limpieza para prolongar la vida útil y eficiencia de los paseos aéreos; 4) Seguridad en las operaciones y procedimientos de trabajo seguro; 5) Medidas para optimizar recursos y realizar un mantenimiento efectivo sin comprometer la calidad del agua; 6) Fomento de una cultura de prevención y responsabilidad compartida en el cuidado de los recursos hídricos; y 7) Importancia de la comunicación y coordinación con las comunidades atendidas para involucrarlas en el cuidado y preservación de los paseos aéreos.
OM-97	Controles de calidad	Estos controles incluirán análisis de parámetros clave como la presencia de microorganismos patógenos, niveles de sustancias químicas, turbidez y otros indicadores de la calidad del agua. Los resultados de los controles serán utilizados para tomar medidas correctivas y preventivas, asegurando que el suministro de agua potable a la comunidad sea seguro y confiable.
OM-98	Señalización y protección	La señalización estará diseñada para indicar claramente que el área es restringida y de uso exclusivo para personal autorizado. Asimismo, se colocarán barreras físicas, como cercas y puertas con cerradura, para delimitar el acceso y evitar posibles interferencias en el sistema. Estas medidas se implementarán con consideración a los recursos disponibles y la normativa vigente, priorizando la seguridad y el bienestar de la comunidad y del personal encargado de la operación y mantenimiento de los paseos aéreos.
OM-99	Monitoreo de la presión	Un nivel de presión óptimo evita la formación de aire en las tuberías, lo que podría afectar la eficiencia del sistema y su capacidad de suministrar agua potable de manera adecuada. Además, se llevarán a cabo inspecciones periódicas para asegurar que no se produzcan fugas o daños que puedan afectar la presión del sistema. Asimismo, se implementarán dispositivos para controlar la entrada de aire y prevenir la contaminación del agua.
OM-100	Plan de contingencia	El plan debe incluir una identificación detallada de los riesgos específicos asociados con los paseos aéreos, como posibles fugas, obstrucciones, corrosión, variaciones de presión y cambios en la calidad del agua. Asimismo, se deben establecer procedimientos de respuesta específicos para cada escenario, con énfasis en la rápida detección y mitigación de problemas. El equipo de respuesta debe estar claramente definido, con roles y responsabilidades asignadas, y se debe fomentar la comunicación y coordinación efectiva entre todos los miembros. Se llevarán a cabo entrenamientos y simulacros regulares para asegurar la efectividad del plan y fortalecer las habilidades del personal.

11.17 Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de control

Tabla 62: Medidas de mitigación para la etapa de operación de válvulas de control

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-101	Monitoreo regular	Realizar inspecciones y monitoreo periódico de las válvulas de control para detectar cualquier posible falla o mal funcionamiento que pueda afectar el suministro de agua potable.
OM-102	Programa de mantenimiento	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para asegurar que las válvulas de control estén funcionando correctamente y se realice su limpieza periódicamente.
OM-103	Capacitación del personal	Capacitar al personal encargado del manejo de las válvulas de control en cuanto a la importancia de mantenerlas en buen estado y en las técnicas apropiadas para su mantenimiento y limpieza.
OM-104	Controles de calidad	Realizar controles de calidad regulares para asegurar que el agua que pasa a través de las válvulas de control no contenga niveles elevados de contaminantes.
OM-105	Señalización y protección	Se instalarán barreras físicas, como cercas o cubiertas, para proteger las válvulas y evitar manipulaciones indebidas. Además, se colocará señalización visible que advierta sobre la presencia de equipos y peligros potenciales, asegurando que el área sea claramente identificada como zona restringida. El personal encargado recibirá capacitación sobre la importancia de mantener el acceso controlado y asegurar que solo personal autorizado pueda operar las válvulas. Se llevará a cabo una evaluación periódica de la efectividad de las señales existentes, verificando que estén legibles, en buen estado y ubicadas en los lugares apropiados.
OM-106	Cumplimiento de normativas	Asegurar que las válvulas de control cumplan con todas las normativas y regulaciones aplicables para garantizar la seguridad y calidad del agua potable.
OM-107	Monitoreo de la presión	Monitorear la presión del sistema de válvulas de control y asegurarse de que sea adecuada para mantener un flujo constante y prevenir daños en el sistema.
OM-108	Evaluación de riesgos	Realizar una evaluación de riesgos periódica para identificar posibles amenazas a las válvulas de control y tomar medidas para prevenir o mitigar su impacto en el suministro de agua potable.
OM-109	Plan de contingencia	Desarrollar un plan de contingencia para responder rápidamente ante cualquier emergencia o incidente relacionado con las válvulas de control y su impacto en el suministro de agua potable.

11.18 Medidas de mitigación para la etapa de operación de conexiones domiciliarias

Tabla 63: Medidas de mitigación para la etapa de operación de conexiones domiciliarias

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-110	Monitoreo de calidad del agua	e establecerán al menos tres puntos: uno en la primera casa, otro intermedio y el último en la casa más alejada. Analizar parámetros como microorganismos, cloro, pH, turbidez, entre otros. Los resultados permitirán detectar contaminantes y evaluar el tratamiento.
OM-111	Mantenimiento de las instalaciones	Realizar mantenimiento periódico de las instalaciones de distribución y conexiones domiciliarias para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir fugas y roturas que puedan afectar la calidad del agua.
OM-112	Capacitación a usuarios	Los usuarios recibirán formación sobre prácticas de ahorro de agua, medidas de prevención de contaminación y cuidado de las conexiones domiciliarias. Además, se requerirá una autorización por escrito de los usuarios para permitir la revisión periódica del estado de sus conexiones domiciliarias, lo que facilitará la detección temprana de posibles fugas o problemas que puedan afectar la calidad del agua. Asimismo, se promoverá la capacitación en el tratamiento de agua a nivel domiciliario para situaciones de emergencia, garantizando que los usuarios cuenten con las habilidades necesarias para tratar el agua en caso de interrupciones en el suministro o contaminación del sistema.
OM-113	Promoción de la higiene	Promover prácticas de higiene entre los usuarios, como lavado de manos, limpieza de utensilios y almacenamiento adecuado del agua potable, para prevenir la propagación de enfermedades.
OM-114	Control de presión y caudal	Realizar un control adecuado de la presión y el caudal en la red de distribución para evitar problemas de sobrepresión o subpresión que puedan afectar la calidad y cantidad de agua suministrada.
OM-115	Control de pérdidas de agua	Realizar un monitoreo constante de las pérdidas de agua en la red de distribución y aplicar medidas para reducir las pérdidas, como reparación de fugas y mejora de la infraestructura.
OM-116	Gestión de residuos peligrosos	Realizar una gestión adecuada de los residuos peligrosos generados en la operación de las instalaciones
OM-117	Plan de contingencia	Elaborar y mantener actualizado un plan de contingencia que contemple posibles emergencias, como cortes de suministro o problemas en la calidad del agua, y establezca medidas para responder de manera rápida y efectiva.
OM-118	Comunicación con usuarios	Establecer canales de comunicación con los usuarios para informar sobre posibles problemas en el suministro de agua potable, como cortes programados o emergencias, y brindar recomendaciones sobre el uso adecuado del agua durante estas situaciones.

11.19 Medidas de mitigación para la etapa de operación de una estación de bombeo

Tabla 64: Medidas de mitigación para la etapa de operación de una estación de bombeo

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-119	Monitoreo de las condiciones operativas	Realizar un monitoreo periódico de las condiciones operativas de la estación de bombeo, incluyendo la presión, el caudal y el nivel de agua, para detectar posibles anomalías y prevenir fallas en el sistema.
OM-120	Mantenimiento preventivo	Realizar mantenimiento preventivo de la estación de bombeo, incluyendo la limpieza y lubricación de equipos, el reemplazo de piezas desgastadas y la revisión del sistema eléctrico, para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil.
OM-121	Plan de contingencia	Elaborar y mantener actualizado un plan de contingencia que contemple posibles emergencias en la estación de bombeo, como fallas en los equipos o cortes de energía eléctrica, y establezca medidas para responder de manera rápida y efectiva.
OM-122	Capacitación a operadores	Brindar capacitación continua a los operadores de la estación de bombeo sobre el manejo de los equipos y la detección de posibles anomalías en el sistema, para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de respuesta en caso de emergencias.
OM-123	Control de fugas y pérdidas	Realizar un monitoreo constante de las pérdidas de agua en la estación de bombeo y aplicar medidas para reducir las fugas, como la reparación de las tuberías y la mejora de la infraestructura.
OM-124	Gestión de residuos	Realizar una gestión adecuada de los residuos generados en la estación de bombeo, como aceites y productos químicos utilizados en el mantenimiento de los equipos, para prevenir la contaminación del suelo y el agua.
OM-125	Promoción del ahorro de energía	Promover prácticas de ahorro de energía entre los operadores de la estación de bombeo, como el uso eficiente de los equipos y la implementación de tecnologías de eficiencia energética, para reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental.
OM-126	Comunicación con usuarios	Establecer canales de comunicación efectivos con los usuarios para informar sobre posibles cortes de suministro o problemas en la calidad del agua y brindar recomendaciones sobre el uso adecuado del agua durante estas situaciones.

11.20 Medidas de mitigación para la etapa de operación de un pozo

Tabla 65: Medidas de mitigación para la etapa de operación de un pozo

Código	Medida de Mitigación	Descripción
OM-127	Capacitación del personal	Proporcionar capacitación al personal encargado de la operación del pozo de agua potable, sobre los procedimientos de operación seguros y eficientes para reducir los riesgos de accidentes y fallas en la operación.
OM-128	Inspección regular del pozo	Realizar inspecciones periódicas del pozo para verificar su estado y detectar cualquier problema de mantenimiento que pudiera afectar la calidad y cantidad del agua potable suministrada.
OM-129	Análisis de calidad del agua	Realizar análisis de calidad del agua periódicamente para asegurar que cumple con los estándares de calidad establecidos y tomar medidas correctivas en caso de que sea necesario.
OM-130	Limpieza y desinfección del pozo	Realizar limpieza y desinfección del pozo y de los equipos de tratamiento del agua de manera regular para reducir la acumulación de sedimentos y bacterias y asegurar la calidad del agua.
OM-131	Control de acceso al pozo	Mantener el control de acceso al pozo de manera estricta para evitar el acceso no autorizado, el vandalismo y la contaminación del agua.
OM-132	Monitoreo de niveles de agua	Monitorear los niveles de agua del pozo para garantizar que se mantengan dentro de los límites operativos y evitar problemas de sobreexplotación del acuífero y fallas en el equipo de bombeo.
OM-133	Plan de contingencia	Establecer un plan de contingencia en caso de emergencias, como fallas en el equipo de bombeo o contaminación del agua, para reducir los riesgos de daño a la salud pública y garantizar la continuidad del suministro de agua potable.
OM-134	Registro y mantenimiento de equipos	Llevar un registro detallado del mantenimiento de los equipos de tratamiento y bombeo del agua y realizar mantenimiento preventivo y correctivo de manera regular para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil.
OM-135	Cumplimiento de regulaciones y normas	Asegurarse de cumplir con las regulaciones y normas locales y nacionales sobre la operación de pozos de agua potable para evitar sanciones y garantizar la seguridad y calidad del suministro de agua.

11.21 Medidas de mitigación para la etapa de operación para Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales

Tabla 66: Medidas de mitigación para la etapa de operación para Sistema de alcantarillado con red colectora y planta de tratamiento de aguas residuales

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-136	Capacitación y entrenamiento continuo del personal	Capacitación del personal encargado del manejo y operación del sistema
OM-137	Programa de mantenimiento preventivo	Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para evitar fallas
OM-138	Monitoreo constante de la calidad del agua tratada	Se establecerán protocolos de monitoreo que incluyan análisis de parámetros clave como niveles de contaminantes, pH, turbidez y otros indicadores de calidad del agua. Los resultados de estos análisis serán registrados diligentemente en una bitácora de control de procesos para un seguimiento detallado. Además, se llevarán a cabo inspecciones regulares para asegurar que los equipos y procesos de tratamiento estén funcionando adecuadamente.
OM-139	Gestión adecuada de lodos de depuración	Implementación de un plan para la gestión adecuada de los lodos generados en el proceso
OM-140	Uso de tecnología de bajo consumo energético	Implementación de tecnologías de bajo consumo energético para reducir los costos
OM-141	Plan de contingencia ante emergencias	Elaboración y aplicación de un plan de contingencia ante emergencias
OM-142	Cumplimiento de normativas y regulaciones ambientales	Cumplimiento de las normativas y regulaciones ambientales pertinentes
OM-143	Monitoreo y control de olores y emisiones	Implementación de protocolos para el monitoreo y control de olores y emisiones
OM-144	Comunicación y participación ciudadana	Se elaborarán boletines informativos periódicos y se utilizarán redes sociales, como Facebook y Twitter, para compartir noticias y responder a preguntas y comentarios de la comunidad. Además, se creará un sitio web interactivo con información detallada y preguntas frecuentes para recibir inquietudes y sugerencias. Se llevarán a cabo reuniones comunitarias para discutir temas relevantes y recibir retroalimentación. También se establecerá una línea telefónica de atención ciudadana para consultas y reporte de problemas. Paneles informativos estarán ubicados en lugares públicos, y se distribuirán folletos informativos.
OM-145	Evaluación periódica del desempeño del sistema	Evaluación periódica del desempeño del sistema y mejora continua

11.22 Medidas de mitigación para la etapa de operación para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas

Tabla 67: Medidas de mitigación para la etapa de operación para letrina de pozo seco / Inodoro o letrinas

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-146	Mantenimiento regular de las letrinas y pozos secos	Esto incluirá inspecciones regulares, reparaciones y protocolos de limpieza y desinfección rigurosos. Se realizará una campaña de capacitación para los usuarios y cuidadores sobre el uso correcto de las instalaciones, gestión segura de los residuos y prácticas de higiene personal. Se establecerá un sistema de registro y seguimiento de las actividades realizadas en cada infraestructura
OM-147	Uso de materiales adecuados y seguros	Se priorizará el uso de concreto resistente y duradero para la base y estructura de las letrinas, así como tuberías de PVC o HDPE que sean resistentes a la corrosión para el transporte de aguas residuales. Además, se emplearán materiales de sellado y aislamiento adecuados para prevenir filtraciones y asegurar la higiene y seguridad del sistema. Se considerará el uso de madera tratada en las partes expuestas a la intemperie, junto con pinturas y revestimientos seguros para proteger las superficies y prolongar la vida útil de las estructuras.
OM-148	Fomento de prácticas higiénicas	Se implementará un programa de educación y concientización que aborde temas clave como el lavado de manos adecuado, la disposición segura de desechos, la limpieza y mantenimiento de las instalaciones sanitarias, y el uso de productos sanitarios apropiados. Se llevarán a cabo sesiones de capacitación y talleres interactivos dirigidos a todos los miembros de la comunidad, con énfasis especial en niños, mujeres embarazadas y personas mayores. Además, se distribuirán materiales educativos, como folletos y carteles informativos, que refuercen los mensajes clave sobre higiene y salud.
OM-149	Gestión adecuada de los residuos generados	Se clasificarán y almacenarán adecuadamente los distintos tipos de residuos, buscando opciones de disposición final segura y respetuosa con el medio ambiente. Se promoverá la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, y se capacitará al personal y la comunidad en estas prácticas.
OM-150	Implementación de medidas para evitar malos olores	Se podrían incluir soluciones como la adecuada ubicación de las letrinas y pozos secos para evitar la proximidad a áreas sensibles, como fuentes de agua o viviendas cercanas. Además, se fomentará el uso de sistemas de compostaje para la transformación de residuos orgánicos en abono, reduciendo la generación de olores desagradables. Asimismo, se establecerán protocolos de limpieza y desinfección regular para mantener un ambiente higiénico y libre de olores indeseados.
OM-151	Monitoreo constante de la calidad del agua subterránea	Establecimiento de protocolos de monitoreo constante de la calidad del agua subterránea por parte de la autoridad competente.

Código	Medida de mitigación	Descripción
OM-152	Comunicación y participación comunitaria	Se llevarán a cabo reuniones periódicas con representantes de la comunidad y grupos de interés para discutir temas relevantes y recibir retroalimentación. Además, se establecerán plataformas en línea, como sitios web (si fuera posible) y redes sociales, para compartir información actualizada sobre el proyecto y permitir que los ciudadanos hagan preguntas y expresen sus preocupaciones. Se promoverán campañas de sensibilización y educación para aumentar la comprensión de la comunidad sobre el proyecto y su importancia para el bienestar de todos.
OM-171	Monitoreo constante de la calidad del agua subterránea	Establecimiento de protocolos de monitoreo constante de la calidad del agua subterránea
OM-172	Comunicación y participación comunitaria	Establecimiento de canales de comunicación y participación comunitaria
OM-173	Evaluación periódica del desempeño del sistema	Evaluación periódica del desempeño del sistema y mejora continua

12. Buenas prácticas durante el cierre y clausura del proyecto (Ci)

La clausura y el cierre de sistemas de agua potable y saneamiento son procesos críticos en el ciclo de vida de estos sistemas, ya que su correcta realización puede prevenir daños ambientales y humanos a largo plazo. Durante la etapa de cierre y clausura, es esencial implementar buenas prácticas para garantizar la seguridad y protección de las personas y el medio ambiente. Estas prácticas deben incluir la eliminación adecuada de residuos y productos químicos, la limpieza y sellado de tanques y tuberías, el monitoreo constante de la calidad del agua y la gestión adecuada de los materiales y equipos utilizados en el proceso. También es importante establecer un plan de contingencia ante emergencias y contar con personal capacitado para llevar a cabo las tareas de clausura y cierre. En general, la implementación de buenas prácticas durante la etapa de cierre y clausura de los sistemas de agua potable y saneamiento es esencial para garantizar la seguridad y protección de la comunidad y el medio ambiente a largo plazo.



Evaluación de daño en estructuras sistemas AP.

12.1 Identificación de impactos ambientales en la etapa de cierre y post clausura de instalaciones de agua y saneamiento

El cierre o abandono de instalaciones y proyectos puede tener consecuencias significativas en el medio ambiente y en las comunidades cercanas si no se lleva a cabo de manera adecuada. Es importante identificar y evaluar los impactos ambientales y sociales que pueden surgir durante esta etapa para implementar medidas preventivas y mitigadoras que minimicen su impacto negativo. La identificación temprana y la gestión adecuada de estos impactos son fundamentales para garantizar una transición responsable y sostenible hacia la clausura definitiva de los proyectos.

Aquí se presentan los impactos ambientales específicos que pueden ocurrir durante la etapa de cierre y clausura de un proyecto de APS, como resultado de la falta de gestión adecuada de ciertos insumos especiales, residuos, actividades generales, factores externos y de escala. También se describen las medidas de mitigación y corrección más importantes que deben implementarse para abordar cada impacto identificado.

Tabla 68: Identificación de impactos por gestión inadecuada de otros aspectos clave para un manejo ambiental en la etapa de cierre y clausura

Factores ambientales	Impactos
Aire	Contaminación por emisiones atmosféricas
	Incremento de los niveles de ruido
Agua	Contaminación del agua por la falta de saneamiento básico
	Disminución del recurso por el consumo en las actividades generales de cierre
	Sedimentación de los cursos de agua
	Contaminación de agua y suelo por derrames
	Contaminación de agua y suelo por acumulación o manejo inadecuado de los residuos
Suelo	Contaminación por derrames de combustibles y lubricantes
	Compactación del suelo, por el movimiento de maquinaria
	Erosión
Recursos biológicos y paisajísticos	Pérdida de los recursos biológicos y alteración de los recursos paisajísticos por la inadecuada gestión de residuos
Energía	Esto ocurre debido al desplazamiento de la fuente de abastecimiento, que podría requerir el uso de bombas y sistemas de bombeo que consumen energía. Además, la pérdida de procesos de purificación y tratamiento del agua podría llevar a la necesidad de métodos alternativos, como hervir el agua, que también demandan energía. El desmantelamiento de la infraestructura y cambios en patrones de consumo también pueden contribuir a este incremento.

Factores ambientales	Impactos
Sustancias peligrosas	Contaminación del agua o suelo por derrames
Residuos sólidos	Contaminación de agua y suelo por acumulación o manejo inadecuado de los residuos
Residuos líquidos	Contaminación de agua y suelo por acumulación o manejo inadecuado de los residuos
Amenazas y riesgos	Efectos en la salud de las personas por accidentes laborales o eventos naturales
Efectos acumulativos	Contaminación de todos los factores ambientales por elementos residuales

12.1 Para la gestión del aire (Ci)

Durante las subetapas de cierre y clausura, los impactos ambientales más relevantes en el aire son la contaminación por emisiones atmosféricas y el aumento de los niveles de ruido. Para reducir estos impactos se deben implementar las siguientes medidas de mitigación y corrección:

Tabla 69: Para la gestión del aire (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-1. Durante el transporte de escombros, tierra u otro material particulado en camiones, la carga se cubrirá con una carpa adecuada y no se excederá su capacidad de carga.	CIC-1. Ante la presencia de fuertes vientos, se detendrán temporalmente las actividades relacionadas con el movimiento de tierra o escombros. Asimismo, se regulará la velocidad de tránsito de la maquinaria para evitar la elevación de nubes de polvo.
CIM-2. Durante los períodos de sequía o de ausencia de lluvia en la zona y con corrientes de viento fuerte, se humedecerán las superficies de trabajo y de rodamiento de la maquinaria y se regulará la velocidad del tránsito para evitar la elevación de nubes de polvo. No se aplicará esta práctica en las regiones donde haya escasez de agua.	CIC-2. Si ocurren desbordamientos o pérdidas de tierra u otro material durante su transporte, se revisarán los medios de transporte y los materiales de cobertura. Se reemplazarán los dañados y se mantendrán las rutas establecidas.
CIM-3. Los apilamientos temporales de escombros, tierra u otro material particulado se protegerán de la erosión eólica de acuerdo con las condiciones del sitio de apilamiento y su vulnerabilidad a la erosión eólica. El volumen de almacenamiento se limitará según la capacidad para cubrir los materiales con plásticos u otros materiales similares que permitan su protección. Si el volumen es mayor, se evitará o limitará su almacenamiento temporal y se llevarán a los sitios de disposición final.	CIC-3. Si se observan emisiones anormales de maquinaria o equipo, se detendrá la actividad de inmediato. Posteriormente, se corregirá la falla y se rediseñará el plan de mantenimiento.
	CIC-4. En caso de que se produzcan ruidos y vibraciones que generen quejas de las personas que residen cerca del proyecto, se establecerá un mecanismo de diálogo y búsqueda de soluciones apropiadas que generen la menor perturbación posible, siguiendo el principio de "buen vecino".

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-4. La maquinaria se mantendrá en óptimas condiciones mediante un plan de mantenimiento periódico para garantizar el mínimo impacto ambiental por emisiones y ruido.	CIC-5. Cuando los niveles de ruido no puedan reducirse con el mantenimiento de la maquinaria y equipo, se recomienda la instalación de silenciadores o la utilización de equipos silenciosos.
	CIC-5. Cuando los niveles de ruido no puedan reducirse con el mantenimiento de la maquinaria y equipo, se recomienda colocar silenciadores o utilizar equipos silenciosos.

12.2 Para la gestión del agua (Ci)

Tabla 70: Medidas de mitigación y corrección para la gestión del agua en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-5. Implementar un plan de saneamiento básico en la zona de cierre del proyecto, incluyendo la instalación de letrinas, el establecimiento de un reglamento interno para los trabajadores, el manejo de residuos domésticos y el control de vectores. Esto reducirá la contaminación de las fuentes o cursos de agua.	CIC-6. Si se identifica contaminación del agua debido a la disposición inadecuada de excretas, se debe identificar el punto de infección y realizar las correcciones pertinentes al sistema de saneamiento o exigir a los trabajadores el cumplimiento de las medidas básicas de higiene.
CIM-6. Concientizar a los trabajadores para que implementen buenas prácticas para el ahorro y uso eficiente del agua.	CIC-7. Cuando se observen consumos de agua excesivos, fugas y cualquier otra anomalía que contribuya al desperdicio de este recurso, se recomienda asignar un responsable del cumplimiento de las actividades del plan de ahorro y uso eficiente del agua, para que dé seguimiento a las labores de detección de fugas de agua y a las inadecuadas prácticas de uso.
CIM-7. Realizar un adecuado manejo de los escombros, tierra y residuos en general, estableciendo sitios de acopio, manejo y disposición final, evitando en todo momento la disposición directa en los cuerpos de agua.	CIC-8. Cuando los escombros, tierra o residuos en general se estén disponiendo directamente sobre los cuerpos de agua, se debe detener la actividad de inmediato; seguidamente, se deberá definir un plan de gestión de los residuos y un sitio de acopio temporal para los mismos.
CIM-8. Realizar la cancelación del servicio de agua en el pozo dentro de la propiedad en caso de cierre del proyecto, sellándolo para evitar la contaminación del agua.	

12.3 Para la gestión del suelo (Ci)

Tabla 71: Medidas de mitigación y corrección para la gestión del suelo en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-9. Realizar un mantenimiento planificado de la maquinaria y el equipo para evitar derrames de sustancias contaminantes. Socializar y ubicar las hojas de manejo de combustibles y lubricantes.	CIC-9. Recolectar los productos derramados y estabilizar el área afectada con aserrín o cal.
CIM-10. Restringir la circulación de la maquinaria a los caminos autorizados por el desarrollador del proyecto.	CIC-10. Remover la capa de suelo en áreas verdes con alta compactación para permitir la aireación del suelo.
CIM-11. Reducir el tiempo que la maquinaria de transporte permanece en el sitio para disminuir la compactación del suelo.	CIC-11. Aplicar tierra fértil, compost o abono orgánico en áreas donde se haya perdido la capa orgánica para contrarrestar el impacto.
CIM-12. Realizar riegos continuos para evitar la erosión eólica en el área de cierre y promover el uso racional del agua.	

12.4 Para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos (Ci)

Tabla 72: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los recursos biológicos y paisajísticos en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación
CIM-13. Proteger la cobertura vegetal cercana al proyecto y preservar las áreas sin intervenir
CIM-14. No disponer escombros ni residuos en laderas o lugares que puedan alterar el paisaje y obstruir el tránsito
CIM-15. Recomendar la reforestación en áreas que quedaron desprovistas de vegetación, utilizando especies nativas y adecuadas para las condiciones climáticas existentes.

12.5 Para la gestión de la energía (Ci)

Tabla 73: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de la energía en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-16. En caso de ser posible, considerar la suspensión o cancelación del servicio de energía eléctrica.	CIC-12. Si se identifican consumos excesivos de energía eléctrica durante las actividades de esta etapa, se deberá asignar un responsable que supervise el cumplimiento de las buenas prácticas de ahorro y eficiencia.

12.6 Para la gestión de las sustancias peligrosas (Ci)

Tabla 74: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de las sustancias peligrosas en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-17. Gestionar un sitio alejado de fuentes de agua para acopio de sustancias peligrosas.	CIC-13. Se desarrollará un plan de contingencia específico para responder a derrames o accidentes, incluyendo la notificación a las autoridades competentes y medidas para contener el derrame y proteger la salud de las personas y el medio ambiente. También se establecerán canales de comunicación y coordinación efectivos con las autoridades locales y otras partes interesadas para una respuesta rápida y coordinada en caso de emergencia. CIC-14. Limpiar derrames en seco con material absorbente y disponer adecuadamente los residuos.
CIM-18. Implementar un plan de contingencia para concientizar sobre el manejo de sustancias peligrosas.	
CIM-19. Almacenar sustancias peligrosas sobre superficies impermeabilizadas y atender hojas de seguridad.	
	CIC-15. Seguir instrucciones de fabricantes o autoridad competente para disposición o traslado de sustancias peligrosas.

12.7 Para la gestión de los residuos sólidos (Ci)

Tabla 75: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los residuos sólidos en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-20. Implementar un plan de gestión de residuos sólidos que permita manejarlos de forma adecuada, evitando daños al medio ambiente y a la salud de las personas. El plan debe incluir: a) Clasificación y separación de los residuos en la medida de lo posible. b) Disposición final de los residuos sólidos basada en un plan de transporte que tenga en cuenta los volúmenes generados y se realice en sitios autorizados. c) Protección de elementos metálicos de la corrosión y daños que impidan su reutilización, recomendando enviar los residuos metálicos no recuperables a gestores autorizados. d) Ajuste de los volúmenes de residuos a transportar según la capacidad del vehículo y manejo de los residuos en recipientes resistentes y de capacidad adecuada. e) Evitar la mezcla de residuos peligrosos y entregarlos a gestores autorizados para su tratamiento. Si no hay gestores autorizados, evitar el almacenamiento y realizar la disposición de acuerdo a la legislación vigente. f) Tomar medidas para garantizar el buen manejo de los residuos sólidos, capacitando a los trabajadores o contratando a un tercero para su manejo y disposición final.	CIC-16. Si el agua o el suelo han sufrido impacto por la gestión inadecuada de los residuos, se debe proceder a realizar una limpieza del medio afectado y disponer los residuos adecuadamente en rellenos u otros sitios autorizados. Además, se puede considerar la capacitación de los trabajadores o la contratación de un gestor autorizado de residuos sólidos. CIC-17. Si los residuos sólidos fueron dispuestos en sitios no autorizados, se debe abocar de inmediato a la municipalidad y acordar el sitio para su disposición. Posteriormente, se deben limpiar y estabilizar los sitios no autorizados.

12.8 Para la gestión de residuos líquidos (Ci)

Tabla 76: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de los residuos líquidos en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-21. Implementar un plan de gestión de residuos líquidos que incluya la identificación de los residuos, la definición de áreas de lavado de maquinaria y equipo, y el manejo adecuado de las aguas residuales. CIM-22. Implementar un plan de cierre del sistema de tratamiento de residuos líquidos para asegurar una disposición adecuada de los residuos generados.	CIC-18. Si el agua y el suelo han sido afectados por la gestión inadecuada de los residuos líquidos, se debe proceder a la limpieza del medio afectado y disponer los residuos adecuadamente. Se puede considerar capacitar a los trabajadores o contratar a un gestor autorizado de residuos líquidos.

12.9 Reutilización y reciclaje (Ci)

Tabla 77: Medidas de mitigación y corrección para la reutilización y reciclaje en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-23. Realizar charlas de concientización para promover el reciclaje y la reutilización durante el cierre del proyecto. CIM-24. Implementar un programa de reciclaje y reutilización de ciertos residuos que se generen durante el cierre del proyecto, y que puedan ser fuente de contaminación para el agua y el suelo. El programa debe incluir: a) Identificación de los residuos que pueden ser reciclados b) Establecimiento de un procedimiento de recolección, separación, almacenamiento temporal y disposición de los residuos c) Clasificación de los residuos según su posibilidad de reutilización y reciclaje. d) Definición de los costos de disposición y tratamiento de los residuos generados. e) Desarrollo de un plan de venta de residuos. CIM-25. Identificar materiales con potencial de reciclado, como: a) Materiales pétreos como hormigón en masa, armado o pre comprimido, obra de fábrica cerámica o de otros materiales, piedra natural, gravas y arenas, vidrio. b) Materiales metálicos como plomo, cobre, hierro, acero, fundición, cinc, aluminio, etc. c) Plásticos, cartón, madera, caucho, entre otros.	CIC-19. En caso de haber causado impactos al agua y suelo por la gestión inadecuada de los residuos, se debe proceder a realizar una limpieza del medio afectado y disponer los residuos adecuadamente. Asimismo, se debe rediseñar el programa de reciclaje y reutilización estableciendo parámetros técnicos adicionales. Se puede considerar capacitar e incentivar a los trabajadores o contratar a un experto en reciclaje y reutilización de residuos.

12.10 Para la gestión de las amenazas y riesgos (Ci)

Tabla 78: Medidas de mitigación y corrección para la gestión de las amenazas y riesgos en la etapa de cierre y clausura (C)

Medidas de mitigación	Medidas de corrección
CIM-26. Capacitar a los trabajadores en el uso correcto de la maquinaria y equipo requerido para el cierre del proyecto, así como en temas de riesgo laboral, hojas de seguridad (intoxicaciones, accidentes, enfermedades, etc.) y el uso de equipo de protección personal	CIC-20. En los casos en que se afecte la salud de las personas debido a un accidente laboral, se deberán brindar los primeros auxilios pertinentes o trasladar al empleado a una clínica o centro hospitalario para contrarrestar el daño.
CIM-27. Dotar a los trabajadores con el equipo de protección personal (cascos, guantes, mascarillas, botas, etc.) de acuerdo a los requerimientos de seguridad de la obra que se está desarrollando (soldadura, electricidad, etc.). El uso del equipo de protección personal será obligatorio. Además, se deberá instalar y dar mantenimiento a un botiquín de primeros auxilios en el área.	CIC-21. Ante la ocurrencia de eventos naturales (inundaciones, huracanes, deslaves, etc.), se deberá realizar una limpieza general del predio, recolectando en la medida de lo posible los residuos y sustancias peligrosas.
CIM-28. Contar con un plan de contingencia para desastres y capacitar al personal en su uso (asignar responsable, establecer funciones y brigadas, definir rutas de evacuación, etc.) para evitar daños a la salud de las personas y contaminación al agua y el suelo por eventos naturales (huracanes, inundaciones, etc.) que dispersen los residuos y sustancias peligrosas del plantel.	CIC-22. Reportar los impactos a las autoridades pertinentes (Comité Permanente de Contingencias, etc.)



Desarenador
colmatado, luego de
tormentas Eta e Iota,
Belén, Gualcho.

SECCIÓN III:

La resiliencia de los Sistemas APS ante los efectos del cambio climático

El objetivo de esta sección es proporcionar una metodología para mejorar la resiliencia climática de los proyectos de agua potable y saneamiento básico, incorporando enfoques de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC). Esto permitirá a los formuladores, tomadores de decisiones y otros involucrados en proyectos de este tipo, identificar amenazas y vulnerabilidades y mejorar las capacidades de afrontamiento. Además, esta metodología se puede utilizar para analizar proyectos que no se hayan considerado previamente desde la perspectiva de la RRD y ACC, y tomar medidas correctivas si es necesario.

Es importante tener en cuenta que el cambio climático tiene un impacto significativo en los recursos y servicios hídricos y servicios de APS, lo que a su vez afecta a muchos sectores económicos, sociales y ambientales que dependen del agua. Los principales riesgos climáticos relacionados con el agua son el exceso de agua, la escasez y la contaminación, y se prevé que los desastres relacionados con el agua aumenten en frecuencia y gravedad debido al cambio climático según el IPCC⁴. Estos cambios pueden causar pérdidas y daños en la oferta y suministro de agua, saneamiento e higiene, y aumentar la incertidumbre en el sector del agua y saneamiento, especialmente en países en desarrollo vulnerables. A pesar de estos desafíos, existen oportunidades para gestionar los riesgos y proteger a las sociedades mediante estrategias innovadoras y una capacidad sólida para adaptarse a los cambios.

⁴ El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) es un panel intergubernamental de expertos en cambio climático, establecido por la ONU en 1988 para evaluar la información científica, técnica y social sobre el cambio climático y sus implicaciones

13. Agua, saneamiento y el desarrollo resiliente al clima

El sector de agua y saneamiento ya está siendo impactado negativamente por diversos fenómenos meteorológicos y climáticos, como la variabilidad, la estacionalidad y los eventos extremos. Estos efectos se reflejan en la disponibilidad, cantidad, continuidad y calidad del recurso hídrico, así como en el bajo desempeño de los servicios de saneamiento e higiene. Con el cambio climático en curso, la presión sobre la generación y el mantenimiento de resultados relacionados con la salud y el bienestar aumentará aún más.

Tabla 79: Ejemplos de incidencia de los riesgos en el sector del agua y saneamiento

Efecto climático	Riesgo	Incidencia en el sector agua y saneamiento	Medidas de resiliencia
Descenso de las precipitaciones	Sequías	Reducción de los suministros de agua sin depurar, disminución de los caudales de los ríos, menor disolución o mayor concentración de contaminantes en el agua, dificultades para las prácticas de higiene.	Implementación de técnicas de gestión de agua sostenible, como la recolección de agua de lluvia y la reutilización de aguas grises; promoción de prácticas de ahorro de agua y tecnologías eficientes en el uso de agua en el hogar y en la agricultura.
Aumento de las precipitaciones e inclemencias climáticas	Inundaciones	Contaminación de pozos Y fuentes superficiales por la escorrentía, inundación de pozos, inaccesibilidad de fuentes de agua, inundación de letrinas, daños a infraestructuras, deslizamientos de tierra en torno a fuentes de agua, sedimentación y turbidez, dificultades para la sostenibilidad de las prácticas de saneamiento e higiene y enfermedades transmitidas por el agua.	Implementación de técnicas de gestión del agua como la construcción de sistemas de drenaje, reservas de agua y prácticas de gestión de cuencas hidrográficas; promoción de tecnologías de saneamiento y buenas prácticas de higiene.
Aumento de las temperaturas	Olas de calor	Daños a infraestructuras, aumento de algas en embalses y los patógenos en el agua que dan lugar a un mayor riesgo de enfermedades.	Mejora de la infraestructura de agua y saneamiento para hacer frente a eventos extremos y construcción de soluciones de adaptación como parques acuáticos y áreas verdes urbanas; promoción de prácticas de conservación de agua y tecnologías eficientes en el uso de energía.

Efecto climático	Riesgo	Incidencia en el sector agua y saneamiento	Medidas de resiliencia
Aumento del nivel de mar	Inundaciones e intrusión salina en acuíferos de agua dulce	Reducción de la disponibilidad de agua potable, con profundos efectos en la calidad.	Mejora de la infraestructura costera para prevenir la intrusión salina y las inundaciones costeras; promoción de tecnologías de desalinización y almacenamiento de agua de lluvia. Además de promover la protección de humedales y manglares.

Algunos efectos del cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento en Honduras:



Escasez de agua: El cambio climático está aumentando la escasez de agua en Honduras, debido a la reducción de las precipitaciones y la degradación de los suelos. Según Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (ISERNA), el déficit hídrico en Honduras alcanzó en algunas regiones el 40% en los últimos años. Esto complica el suministro de agua potable a las comunidades rurales y urbanas, y aumenta el riesgo de contaminación de las fuentes de agua.



Pérdida de suelo: El cambio climático está aumentando la erosión del suelo y la degradación de los suelos, lo que afecta a la producción agrícola y a la calidad del agua. Según el Instituto Hondureño de Agricultura (IHA), el 80% de los suelos en Honduras están degradados debido a la erosión y la deforestación. Esto disminuye la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, y aumenta el riesgo de inundaciones y sequías.



Inundaciones: El cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de las inundaciones en Honduras, debido a las lluvias intensas y a la erosión del suelo. Según la Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente (SERNA), el 70% de las inundaciones en Honduras son causadas por eventos climáticos extremos. Estas inundaciones afectan a las infraestructuras de agua potable y saneamiento, y aumentan el riesgo de contaminación de las fuentes de agua y de enfermedades.



Aumento de la salinidad en los suelos (intrusión salina): El cambio climático está aumentando la salinidad de los suelos en zonas costeras debido a la subida del nivel del mar. Esto afecta a la producción agrícola y a la calidad del agua de pozos y acuíferos cercanos al mar.

Tabla 80: Efectos del cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento en Honduras

Efectos del cambio climático	Incidencia en el sector de agua potable y saneamiento en Honduras
 Escasez de agua	Dificulta el suministro de agua potable a las comunidades rurales y urbanas, y aumenta el riesgo de contaminación de las fuentes de agua. Limita la cantidad de agua para consumo humano por debajo de las dotaciones requeridas para las poblaciones
 Pérdida de suelo	Disminuye la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, y aumenta el riesgo de inundaciones y sequías.
 Inundaciones	Afectan a las infraestructuras de agua potable y saneamiento, y aumentan el riesgo de contaminación de las fuentes de agua y de enfermedades.
 Aumento de la salinidad en los suelos	Afecta a la producción agrícola y a la calidad del agua de pozos y acuíferos cercanos al mar. Incrementa los costos de la potabilización de agua y demanda mayor conocimiento técnico por el uso de tecnologías más avanzadas

14. La vulnerabilidad de los sistemas APS ante el cambio climático

La vulnerabilidad de un sistema de agua potable o alcantarillado sanitario se analiza desde cinco perspectivas o dimensiones: física, operativa, organizativa, culturales y socioeconómicas, y ambiental. Estas dimensiones son importantes para identificar los factores que pueden afectar la calidad y la disponibilidad del agua, y así tomar medidas para reducir el riesgo de interrupción del servicio.

En resumen, al analizar la vulnerabilidad de un sistema de agua potable o alcantarillado sanitario, es importante considerar todas las dimensiones mencionadas anteriormente, para identificar los factores que pueden afectar la calidad y la disponibilidad del agua, y así tomar medidas para reducir el riesgo de interrupción del servicio.

Tabla 81: Resumen de las dimensiones de Vulnerabilidad de un Sistema de Agua Potable o Alcantarillado Sanitario

Dimensión	Aspectos a evaluar
Física	Calidad de la infraestructura, exposición a amenazas físicas, calidad de construcción, mantenimiento, capacidad de resistir desastres naturales, ubicación geográfica.
Operativa	Capacidad residual del sistema, componentes internos (transporte, comunicaciones, suministro de materiales), componentes externos (energía eléctrica, conectividad de internet, disponibilidad de servicios de emergencia).
Organizativa	Capacidad institucional y empresarial, capacidad de gestión, preparación para manejar emergencias, participación de la comunidad en la toma de decisiones, existencia de planes de contingencia y comunicación.
Cultural y socioeconómica	Cultura de la comunidad en relación con la gestión del agua, situación socioeconómica de la población, mal uso de los sistemas, niveles de educación.
Ambiental	Información sobre la microcuenca y la calidad del agua, vulnerabilidad del sistema ante amenazas ambientales, impactos ambientales de la operación y mantenimiento del sistema, posible contribución al cambio climático.

15. Amenazas naturales y antrópicas en los sistemas de APS

A continuación, se enumeran las amenazas naturales más importantes que afectan a los sistemas de agua potable y saneamiento en Honduras:

- ▶ Sismos y Terremotos
- ▶ Huracanes
- ▶ Inundaciones
- ▶ Deslizamientos
- ▶ Sequías
- ▶ Incendios forestales

Es importante señalar que los sismos y terremotos no son causados por el cambio climático, pero se deben tener en cuenta para fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable.

15.1 Afectaciones a los sistemas de agua potable

Tabla 82: Amenazas y afectaciones a los sistemas de agua potable

Amenazas	Tipo de afectaciones	Ejemplos
Sismos y terremotos 	Destrucción total o parcial de estructuras de captación, pozos, tuberías, estaciones de almacenamiento, unidades de tratamiento y redes de distribución. Daño a laboratorios analíticos, maquinaria y equipos, bodegas, etc	Rotura de tuberías de conducción y/o distribución; daño en las uniones y juntas de las tuberías y tanques; fracturas en la base de tanques, reservorios y estructuras de bombeo y energización, entre otros. Los sismos y terremotos pueden causar daños en la estructura del edificio, lo que a su vez puede afectar los sistemas de agua potable, laboratorios analíticos, maquinaria y equipos, y bodegas. Además, las grietas en las paredes o techos pueden permitir que el agua ingrese a las áreas de almacenamiento y laboratorios, lo que puede dañar el equipo y la maquinaria.

Amenazas	Tipo de afectaciones	Ejemplos
	Cambios en el nivel de las capas freáticas.	Desplazamiento de fuentes y cambios en el nivel de las capas freáticas; variaciones en el caudal de fuentes superficiales debido a obstrucciones o desviaciones de cursos de agua, o cambios en el subsuelo de aguas subterráneas; desplazamiento de bolsas subterráneas por movimiento en fallas. Variaciones en el caudal y aumento de la salinidad en pozos cerca de la costa; modificaciones temporales en la calidad del agua en fuentes superficiales debido a deslizamientos de tierra.
Sequía 	Reducción drástica de producción de fuentes de agua o extinción de la fuente.	Reducción en captación de agua por estructuras de toma de aguas superficiales y subterráneas; reducción de fuentes subterráneas por descenso de nivel freático, rendimiento de pozos y altura de bombeo; disminución de caudal de producción en captaciones superficiales por reducción de caudal base en ríos y manantiales.
	Cambios en calidad de agua suministrada, costos de distribución aumentados por distribución con camiones y cisternas y compra de agua embotellada.	Racionamiento y suspensión del servicio de agua; abandono del sistema; contaminación de fuentes superficiales por disminución de capacidad auto purificadora debido a disminución de caudal.
Deslizamientos 	Daños a obras de captación y conducción por deslizamientos activos.	Riesgo de inestabilidad de reservorios en laderas; variación en producción de fuentes superficiales de agua; interrupción del servicio de energía y abastecimiento de agua; impactos indirectos a servicios de abastecimiento por daños a caminos y telecomunicaciones; pérdidas económicas por interrupción del servicio.
Huracanes e inundaciones 	Cambios en calidad de agua cruda y arrastre de sedimentos, con los consecuentes problemas en plantas potabilizadoras.	• Rotura de tuberías • Rompimiento de anclajes • Contaminación por intrusión del agua en las tuberías rotas • Interrupción del servicio • Riesgo de enfermedades por contacto con aguas contaminadas. • Pérdida de infraestructura y equipos • Aumento de costos por reparación y limpieza.

15.2 Afectaciones a los sistemas de saneamiento

Tabla 83: Amenazas y afectaciones a los sistemas de saneamiento

Amenazas	Afectaciones
Sismos y terremotos 	• Fracturas en diques de tratamiento de aguas residuales; daño a equipos electromecánicos, postes, cables, paneles eléctricos, transformadores y otros sin anclaje adecuado. • Rotura de tuberías y uniones en redes, colectoras, interceptoras y pozos de visita. • Fractura en la base de estructuras de bombeo de aguas residuales y energía. • Daño a laboratorios analíticos (cristalería, reactivos, instrumentos, entre otros). • Interrupciones del fluido eléctrico, telecomunicaciones y caminos de acceso. • Afloramiento de aguas residuales en calles.
Deslizamientos 	• Daños en obras de tratamiento y colectoras por deslizamientos • Atascamiento de tuberías por acumulación de sedimentos • Interrupción indirecta por daños a caminos, energía y comunicación • Contaminación de aguas residuales por fallas en colectoras y plantas de tratamiento.
Huracanes e inundaciones 	• Daño a las redes de alcantarillado y colectores de aguas residuales. • Sobrecarga en las plantas de tratamiento de aguas residuales. • Contaminación por inundación de pozos sépticos y alcantarillas. • Interrupción del servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. • Riesgo de enfermedades por contacto con aguas contaminadas. • Pérdida de infraestructura y equipos en las plantas de tratamiento. • Modificaciones en la calidad de las aguas residuales tratadas. • Aumento de costos por reparación y limpieza.

16. Medidas resilientes al cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento

16.1 Medidas generales

En el contexto del cambio climático, la gestión del agua se ha convertido en un tema crítico para garantizar la seguridad hídrica de las comunidades y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos. Para abordar este desafío, se requiere una gestión integral del agua que abarque diferentes aspectos, desde la infraestructura hasta la cultura y la protección ambiental. En este sentido, es importante implementar medidas generales que permitan adaptarse a eventos climáticos extremos, garantizar un suministro continuo de agua potable, mejorar la capacidad residual, capacitar y educar a los trabajadores y la comunidad, promover prácticas sostenibles y proteger los ecosistemas acuáticos.

A continuación, se enumeran algunos aspectos generales claves para aumentar la resiliencia de los sistemas de agua potable ante el cambio climático:

Tabla 84: Aspectos clave para aumentar la resiliencia de los sistemas de agua potable ante el cambio climático y sus medidas generales

Aspecto	Medidas generales	Ejemplos específicos
Físico	• Infraestructura adaptable: diseñar y construir infraestructura que sea resistente a eventos climáticos extremos. • Sistemas de suministro redundante: tener múltiples fuentes de agua potable y sistemas de tratamiento de respaldo para garantizar un suministro continuo de agua potable en caso de un evento climático. • Reducción de las pérdidas (control de fugas, tuberías de conservación) • Recolección de agua de lluvia y disponibilidad de reservorios para su almacenamiento. • Tener estimado las transferencias de agua para periodos secos.	• Implementar sistemas de tratamiento de agua móviles para ser transportados a zonas de desastre. • Incorporar dispositivos de reducción de fugas en la red de distribución de agua. • Elaborar un plan de reparación de fugas e implementarlo • Construir presas para almacenar agua durante la temporada de lluvias y reducir la vulnerabilidad a sequías prolongadas. • Trasladar y aplicar las medidas para el diseño y construcción de infraestructura resiliente

Aspecto	Medidas generales	Ejemplos específicos
Operativa	• Evaluar y mejorar la capacidad residual para brindar servicios de agua potable y alcantarillado. • Monitoreo y mantenimiento regular. • Capacitación y educación. • Planificación de emergencia. • Contar con herramientas, equipos, materiales para dar respuesta en emergencia	• Elaborar un Plan de Emergencia/Contingencia que posea los protocolos de simulaciones de emergencias y pruebas de respuesta a desastres, y socializarlo con todo el personal involucrado en la operación. • Que cada uno de los elementos del sistema, deberán contar con una bitácora de mantenimiento por equipo • Mantener una base de datos actualizada de la infraestructura de agua potable y saneamiento para un mejor monitoreo y mantenimiento. • Proporcionar capacitación continua a los trabajadores y la comunidad en cuanto a la importancia del agua potable y cómo mantener el sistema en buenas condiciones.
Organizativa	• Educación y sensibilización. • Cooperación interinstitucional.	• Realizar campañas de concienciación para promover la conservación del agua y la implementación de prácticas sostenibles. • Colaborar con organizaciones y agencias gubernamentales relevantes para desarrollar políticas y estrategias de adaptación al cambio climático.
Culturales y socioeconómicos	• Eficiencia en el uso del agua. • Financiamiento. • Uso eficiente del agua y cambio de patrones de uso. • Reciclaje de agua. • Aumento del uso de la agricultura de secano.	• Implementar tarifas de agua que fomenten la conservación y el uso eficiente del agua • Establecer fondos de ayuda financiera para la implementación de tecnologías de conservación de agua. • Promover la agricultura de secano para reducir la presión sobre los recursos hídricos en las zonas vulnerables al cambio climático.
Ambiental	• Monitoreo y modelado para diferentes escenarios climáticos • Protección de la microcuenca. • Gestión del uso de la tierra • Realizar exploración y extracción de agua subterránea de forma sostenible. • Eliminación de especies invasoras de las fuentes de agua.	• Realizar estudios hidrogeológicos para comprender mejor el uso del agua subterránea. • Elaborar bajo el procedimiento establecido por ICF un Plan de Manejo de Microcuenca (o plan de protección).

16.2 Medidas resilientes específicas al cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento

El cambio climático representa una amenaza cada vez mayor para los sistemas de agua potable y saneamiento en todo el mundo. Los eventos climáticos extremos, como las sequías, las inundaciones y las tormentas intensas, pueden afectar la calidad y la disponibilidad del agua, así como la infraestructura de suministro y tratamiento. Ante esta situación, es fundamental implementar medidas resilientes que permitan adaptarse y hacer frente a los impactos del cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento.

En este acápite se exploran medidas específicas que pueden implementarse en la gestión del agua potable y saneamiento para mejorar la resiliencia de estos sistemas frente al cambio climático. Desde la infraestructura adaptable hasta la capacitación y educación, pasando por la planificación de emergencia y la protección ambiental, abordaremos diferentes aspectos que contribuyen a una gestión sostenible y resiliente del agua en el contexto del cambio climático.

16.2.1 Medidas resilientes en la etapa de prefactibilidad (código MRP)

El cambio climático representa un gran desafío para la gestión del agua y el saneamiento. Los fenómenos naturales extremos, como inundaciones, sequías y deslizamientos, pueden afectar significativamente los sistemas de agua potable y saneamiento, lo que a su vez impacta en la salud y el bienestar de las comunidades. En este sentido, la implementación de medidas resilientes específicas al cambio climático en los sistemas de agua potable y saneamiento es crucial para garantizar la continuidad y calidad del suministro de agua en situaciones de emergencia. A continuación, se recopilan diversas medidas que pueden ser aplicadas en los diferentes componentes del sistema para hacerlos más resilientes a los efectos del cambio climático, desde la revisión de mapas de riesgo y amenazas hasta la previsión de costos para obras de protección de las instalaciones.

Durante la etapa de prefactibilidad, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 85: Medidas resilientes en la etapa de prefactibilidad

Código	Medidas resilientes	Componente
MRP-01	Revisión de mapas de riesgo y amenazas en municipios que cuenten con esta herramienta.	General
MRP-02	Consulta con instituciones, autoridades y la población local sobre los fenómenos naturales en la zona de proyecto.	General
MRP-03	Realización de estudios detallados en áreas críticas identificadas, como zonas propensas a deslizamientos.	General

Código	Medidas resilientes	Componente
MRP-04	Evaluación de riesgos sísmicos y de licuefacción mediante estudios geológicos cuando sea necesario.	General
MRP-05	Análisis de los períodos de retorno de precipitaciones y de las áreas y frecuencia de inundaciones.	General
MRP-06	Capacitación en prevención y mitigación de desastres para diferentes niveles de responsabilidad en los organismos responsables de proyectos en el sector de agua y saneamiento.	General
MRP-07	Planificación de rutas alternas de acceso a las estructuras de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.	General
MRP-08	Análisis de la desconcentración de instalaciones en áreas de alto riesgo para evitar su concentración en un mismo lugar.	General
MRP-09	Inclusión de medios de comunicación en componentes esenciales del sistema, como captación, tratamiento, bombeo, y almacenamiento.	General
MRP-10	Los mapas de microzonificación permitirán conocer las áreas con estructuras hidrogeológicas e hidrológicas disponibles, para localizar obras de captaciones principales y alternas que alimenten los Sistemas de Tratamiento y tanques de almacenamiento.	Captaciones
MRP-11	Realizar análisis físicos-químicos y bacteriológicos en fuentes superficiales y considerar topografía, suelo, contaminación interna y externa y usos en fuentes subterráneas.	Captaciones
MRP-12	Proteger el entorno de captación con medidas como reforestación, identificación de amenazas antropogénicas, cerco perimetral, entre otros.	Captaciones
MRP-13	Identificar frecuencia y niveles críticos de inundación para diferentes períodos de retorno según la ubicación del proyecto.	Captaciones
MRP-14	Cuando se permita, realizar estudios geotécnicos en la zona para ubicar correctamente las obras de captación.	Captaciones
MRP-15	Evitar zonas vulnerables como deslizamientos e inundaciones en la ubicación de tomas en ríos.	Captaciones
MRP-16	Identificar fuentes alternas de abastecimiento que puedan ser usadas en caso de desastres.	Captaciones
MRP-17	Proponer el uso de juntas flexibles en todos los proyectos de Agua Potable en tramos que cruzan áreas inestables, fallas geológicas o transiciones de suelos firmes a suelos inestables.	En tubería de Conducción y Distribución de Agua
MRP-18	Proponer la instalación de un equipo adicional de emergencia en las estaciones de bombeo o equipos portátiles	Estaciones de Bombeo

Código	Medidas resilientes	Componente
MRP-19	Prever costos para la instalación de plantas de emergencia generadoras de energía eléctrica en caso de diferentes amenazas.	Estaciones de Bombeo
MRP-20	Prever costos para obras de protección de las instalaciones por las diferentes amenazas.	Tanques de Almacenamiento
MRP-21	Se deben evaluar alternativas de tratamiento del agua (para consumo humano o residuales) apropiadas al sitio (ciudad, comunidad) donde se construirán.	Sistema de tratamiento

16.2.2 Medidas Resilientes en la etapa de diseño (código MRD)

En el contexto del abastecimiento de agua, es esencial contar con medidas resilientes que permitan garantizar la continuidad y calidad del suministro, incluso en situaciones de emergencia o eventos adversos. Las medidas contempladas incluyen desde el diseño de obras de protección para las estructuras de captación hasta la instalación de tuberías con juntas flexibles y materiales resistentes a impactos y sismos. Todas estas medidas buscan asegurar la disponibilidad y accesibilidad del recurso hídrico de manera segura y sostenible.

Durante la etapa de prefactibilidad, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 86: Medidas Resilientes en la etapa de diseño (código MRD)

Código	Medida Resilientes	Componente
MRD-01	Diseñar obras de protección para las estructuras de captación de la fuente de abastecimiento de agua, tales como zanjas transversales, gaviones, muros, terraplenes, etc.	Captaciones
MRD-02	Identificar y ubicar una fuente alternativa para el abastecimiento de agua en caso de emergencia, de acuerdo con la demanda mínima necesaria para consumo humano durante la restauración del sistema.	Captaciones
MRD-03	Evitar la ubicación de obras de captación en zonas inaccesibles durante los meses de temporadas lluviosas y en áreas propensas a eventos adversos.	Captaciones
MRD-05	Incluir en el diseño de redes de distribución válvulas que cumplan con las normas técnicas, para que las áreas afectadas puedan ser aisladas con fines de reparación, sectorización o racionamiento.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-06	Realizar un análisis detallado en la formulación del proyecto para la correcta instalación de válvulas de limpieza en los puntos bajos y válvulas de admisión y expulsión de aire en los puntos altos de la red de distribución.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-07	Utilizar accesorios que permitan la flexibilidad de las tuberías al conectarse en elementos de acople rígido como cajas de válvulas, amclajes y reservorios.	En tubería de conducción y distribución de agua

Código	Medida Resilientes	Componente
MRD-08	Emplear juntas flexibles en tramos donde las tuberías crucen fallas geológicas, áreas inestables o en transiciones entre suelos estables e inestables.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-09	En áreas definidas como extremadamente propensas a sismos en los mapas de zonificación, diseñar tubos de material dúctil, resistentes a impactos y con juntas flexibles.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-10	Evitar el uso de tuberías de asbesto-cemento, concreto reforzado o cualquier otro material poco flexible en el diseño de sistemas de agua potable en zonas sísmicas.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-11	Diseñar respetando la profundidad de cobertura mínima según la norma vigente de 1.20 metros en las tuberías para agua potable, según las normas técnicas, y profundizando aún más en aquellos tramos considerados críticos y expuestos a la erosión.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-12	En la instalación de líneas de conducción con pendientes pronunciadas, diseñar retenedores de agua superficial en las zanjas.	En tubería de conducción y distribución de agua
MRD-13	Adquisición de terrenos estratégicos para proteger y conservar áreas clave para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.	General
MRD-14	Barreras de intrusión de agua salada para evitar el ingreso de agua salada en acuíferos costeros.	General
MRD-15	Implementación, conservación, restauración y uso sostenible de bosques de manglar, dunas costeras y humedales para la protección de la costa.	General
MRD-16	Implementación de un programa de capacitación para funcionarios y administradores del servicio en la etapa de operación.	General
MRD-17	Colocación de dispositivos de protección de componentes de infraestructura en sitios propensos a daños.	General
MRD-18	Control y erradicación de especies invasoras en etapa de diseño y construcción.	General
MRD-19	Creación de sistema/aplicación para reporte de averías y problemas con infraestructura.	General
MRD-20	Escarificación del lecho de los ríos para aumentar la recarga de acuíferos.	General

16.3 Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad por componente del sistema

Las medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad son esenciales para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable. En este sentido, es fundamental conocer las amenazas y los impactos que pueden afectar a cada uno de los componentes de estos sistemas, así como las medidas que se pueden tomar para minimizar su vulnerabilidad.

Se analizarán en la presente Guía las amenazas, los impactos y las medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en distintos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable, como las captaciones de manantiales, captaciones superficiales, pozos, galerías filtrantes, cámaras de reunión, distribuidoras de caudales, válvulas de aire y purga, prefiltros y filtros lentos, tanques cisterna, casetas de bombeo, reservorios, líneas de conducción y redes de distribución, redes colectoras, emisor y efluentes, buzones, cámaras de rejillas, lagunas de estabilización y tanques sépticos, así como en sistemas de eliminación de excretas in situ.

Se presentarán las principales amenazas y los impactos asociados a cada uno de estos componentes y se propondrán medidas concretas para prevenir y reducir su vulnerabilidad frente a estos eventos adversos. De esta forma, se busca garantizar la seguridad y el acceso al agua potable de calidad para la población.

16.3.1 En captaciones de manantiales, captaciones superficiales, pozos, galerías filtrantes

Tabla 87: Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en captaciones de manantiales, captaciones superficiales, pozos, galerías filtrantes



VULNERABILIDAD: DESLIZAMIENTOS

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realización de estudios hidrogeológicos para analizar el comportamiento de las aguas subterráneas que alimentan los manantiales de la zona.
- Considerar estudios geodinámicos para identificar posibles cambios en la zona causados por agentes externos, tales como la lluvia.

En la construcción considerar:

- Cuando sea posible evitar las zonas inestables identificadas y buscar ubicaciones más estables para las estructuras del sistema.
- Si no es posible ubicar los componentes del sistema en zonas estables, es importante seguir las directrices de construcción relevantes de los estándares de seguridad y las incluidas en esta GBPA.

En servicio considerar:

- Realizar inspecciones periódicas a las captaciones de agua para detectar posibles filtraciones o deslizamientos en el terreno.
- Realizar mantenimiento preventivo en las instalaciones y equipos utilizados en las captaciones de agua.
- Mantener los alrededores de las captaciones de agua limpios y libres de vegetación que pueda causar daño al sistema.
- Realizar un monitoreo constante del nivel de agua en las captaciones para detectar posibles cambios en la cantidad y calidad del agua.
- Evaluar y monitorear el comportamiento del terreno en las zonas aledañas a las captaciones, especialmente en épocas de lluvias intensas o de sequía prolongada.
- Contar con sistemas de almacenamiento y distribución de agua de emergencia en caso de que se presente algún evento que afecte el suministro de agua desde las captaciones principales.
- Realizar capacitaciones al personal encargado de la operación y mantenimiento de las captaciones de agua, para que estén preparados para enfrentar situaciones de emergencia y sepan cómo actuar en caso de presentarse algún evento de deslizamiento.
- Preparar equipo y personal para limpieza en caso de azolve de las captaciones.



VULNERABILIDAD: INUNDACIONES

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realizar estudios hidrológicos para evaluar el riesgo de inundación y prevenir la erosión y deslizamiento.
- Evaluar el potencial de erosión del fondo de los ríos para evitar daños en las estructuras, especialmente en las cimentaciones.
- Ubicar la entrada de agua a una profundidad adecuada del nivel del río para evitar la entrada de materiales flotantes o facilitar su eliminación.
- Construir muros de encausamiento.
- Asegurar que la presa tenga un vertedero con capacidad suficiente para evacuar el exceso de agua en épocas de crecida.
- Incorporar un sistema de evacuación de lodos y sedimentos constante mediante tuberías en el fondo de la presa o compuertas móviles que permitan ajustar los niveles de represamiento.
- Instalar una compuerta para facilitar la limpieza y el mantenimiento periódico o después de una crecida de agua, considerando el tamaño de los sólidos de arrastre.
- Desviar el agua necesaria mediante un canal en caso de que el cauce del río sea muy amplio y presente un caudal grande antes de construir la estructura de captación.
- Asegurar que la unidad pueda evacuar el exceso de agua y devolverla al río a través del rebose.
- Incluir componentes móviles en la estructura hidráulica complementaria sobre el nivel de la presa para evacuar el exceso de caudal.
- Elevar los muros del sello sanitario en los anillos del pozo de bombeo en función de la altura histórica del nivel de inundación promedio.

En la construcción considerar:

- En los riachuelos, se recomienda construir disipadores aguas arriba del desvío del río para disminuir la velocidad de arrastre de sólidos.
- Para prevenir la erosión en la base de la captación, se recomienda recubrir el cauce con emboquillado antes y después de la presa.
- Cimentar la captación a suficiente profundidad para evitar su desestabilización por erosión de fondo en caso de inundaciones.
- Es importante considerar la impermeabilización superficial necesaria para evitar la contaminación del agua captada por aguas superficiales o el desvío del agua de escorrentía lateral.

En operación considerar:

- Realizar un drenaje efectivo de las estructuras inundadas es fundamental para garantizar su recuperación y prevenir daños mayores. Es importante considerar la velocidad y el caudal de agua que se debe evacuar, así como la ubicación y diseño adecuado de los sistemas de drenaje para asegurar que no se generen nuevas inundaciones en la zona.
- En caso de que el sistema haya colapsado debido a la inundación u otro tipo de problema, es necesario llevar a cabo una rehabilitación o reparación del mismo. Esto puede implicar la reparación o reemplazo de las estructuras dañadas, así como la realización de pruebas y verificaciones para asegurar su correcto funcionamiento antes de volver a poner en servicio el sistema.
- Usar equipos de bombeo y plantas potabilizadoras para reestablecer el servicio



VULNERABILIDAD: SEQUÍA

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realizar un estudio de suelos para determinar su permeabilidad y así poder seleccionar la ubicación adecuada para la captación de agua.
- Identificar fuentes alternas de agua para reducir la presión sobre la fuente principal y evitar su sobreexplotación.
- Prever medidas para recargar el acuífero y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Implementar medidas de reforestación con especies nativas para mantener la calidad del agua y proteger las cuencas hidrográficas.
- Realizar estudios hidrogeológicos para comprender el comportamiento de las aguas subterráneas que abastecen los manantiales de la zona y así poder diseñar medidas de conservación y uso sostenible del recurso.

En operación considerar:

- Fomento de prácticas de siembra y cosecha de agua en zonas altas para aumentar la infiltración y recarga de acuíferos.
- Desarrollo de un plan integral de manejo y conservación de cuenca para mantener la calidad y cantidad de los recursos hídricos.
- Monitoreo constante del nivel freático y aforo de caudales en distintas épocas del año para asegurar la disponibilidad y gestión adecuada del agua.
- Implementación de un programa de uso racional del agua, con capacitación y control de pérdidas mediante micro-medición.
- Establecimiento de un sistema de abastecimiento de agua con cisternas en caso de emergencia para garantizar la disponibilidad del recurso en situaciones críticas.
- Control riguroso de fugas en el sistema de agua para minimizar pérdidas y optimizar el uso del recurso hídrico.



VULNERABILIDAD: TERREMOTOS

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Seleccionar una ubicación estable para el manantial.
- Realizar estudios hidrogeológicos exhaustivos para analizar el comportamiento de las aguas subterráneas que alimentan el manantial ante movimientos sísmicos, utilizando la base de datos de COPECO.
- Propiciar estudios geodinámicos para prever los cambios que podrían ocurrir en la zona debido a agentes internos, como los sismos, entre otros.
- Incorporar en los diseños el cálculo sísmico y reforzamiento de los anillos del pozo, en el caso de sistemas con bombeo. También se deben reforzar las galerías filtrantes y las estructuras laterales en la trayectoria de los acuíferos.
- Priorizar la ubicación de las galerías filtrantes en suelos de grano grueso, ya que son menos propensos a la licuación de suelos.
- Evitar la perforación de pozos en zonas propensas a la licuación de suelos.



VULNERABILIDAD: TERREMOTOS

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En la construcción considerar:

- Garantizar el uso de materiales de construcción según lo determinado en las especificaciones técnicas.
- Realizar pruebas de control de calidad. Prever acciones de supervisión continuos.
- Ubicar la captación en una zona estable y segura.
- Realizar estudios hidrogeológicos y geodinámicos para determinar el comportamiento de las aguas subterráneas y los posibles cambios en la zona por acción de sismos u otros agentes internos.
- Considerar en los diseños el cálculo sísmico y el reforzamiento de las estructuras, como los anillos del pozo en caso de sistemas con bombeo, galerías filtrantes y estructuras laterales en la trayectoria de los acuíferos.
- Preferentemente, ubicar las galerías filtrantes en suelos de grano grueso que son menos susceptibles a la licuación de suelos.
- Evitar perforar pozos en sectores donde pueda ocurrir licuación de suelos.

En operación considerar:

- Rehabilitar a la brevedad la estructura si resultara dañada.
- Realizar inspecciones periódicas para detectar posibles daños en la infraestructura y realizar las reparaciones necesarias.

VULNERABILIDAD: OTRAS CAPTACIONES

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Para evitar desbordamientos en las captaciones, se recomienda instalar un sistema de limpieza de rebosamiento. También se debe considerar aumentar el número de tuberías de descarga para garantizar que los caudales elevados en épocas de lluvia no causen inundaciones.
- En el caso de manantiales difusos, se debe proteger cada uno de ellos con captaciones ciegas y conducir el agua hacia una cámara de reunión o una captación principal. Es importante asegurar que el ingreso del agua sea hacia la cámara de captación y no hacia el lecho filtrante.
- Al diseñar la cámara húmeda en la captación principal, es necesario tener en cuenta los caudales durante la época de lluvias para evitar desbordamientos o fallos en la captación.

En la construcción considerar:

- Antes de instalar la caja de captación, es fundamental llevar a cabo una limpieza exhaustiva de la zona y ubicar con precisión el punto de salida real del agua del terreno rocoso.
- Para poder identificar el punto real de salida del agua, es necesario realizar excavaciones a mayor profundidad en el terreno.
- Al construir la unidad, es importante que el material filtrante (grava) rodee el punto de salida del agua y que la estructura de la caja de captación recolecte toda el agua que produce el manantial. Si el sistema no requiere de toda el agua producida por la fuente, el excedente debe desviarse en la caja de captación.

En operación considerar:

- Rehabilitar a la brevedad la estructura si resultara dañada.

16.3.2 En cámaras: distribuidora de caudales rompedoras, válvulas de aire, de purga

Tabla 88: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en cámaras: de reunión, distribuidora de caudales rompedoras, válvulas de aire, de purga

	AMENAZA: DESLIZAMIENTOS
Problemas e impactos	• Destrucción parcial o total de estas estructuras ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos activos. • Rotura de los accesorios como válvulas, uniones, entre otros. • Pérdida de agua por filtración de las estructuras dañadas. • Contaminación del recurso hídrico.
Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad	En el diseño considerar: • Implementación de medidas de estabilización de laderas. • Construcción de zanjas de coronación en las partes altas para evitar la infiltración de aguas pluviales y la erosión del terreno. • Reforestación con especies nativas para la estabilización del suelo y la prevención de deslizamientos de tierra.
	En la construcción considerar: • Evitar la ubicación de estos elementos en zonas vulnerables y con peligro de deslizamientos. En caso de no ser posible mejorar la construcción. • Garantizar el uso de materiales de construcción según lo determinado en las especificaciones técnicas del código de construcción vigente de Honduras. • Realizar pruebas de control de calidad. • Utilizar procesos constructivos adecuados. • Prever acciones de supervisión continuas. • Prever puntos de limpieza en la losa del piso de las estructuras hidráulicas. • Rellenar en la brevedad posible las zonas excavadas para evitar que el agua pueda empozarse. • Considerar empalmes con accesorios flexibles. • Realizar estudios geológicos para localizar fallas y determinar los riesgos sísmicos y licuación. • Incluir en el expediente técnico el diseño antisísmico de las estructuras en las zonas propensas a sismos.
	En operación considerar: • Tomar en cuenta rutas alternas para el acceso a las estructuras del sistema de agua potable o mejorar la construcción • Limpieza y descolmatación periódica de las zonas aledañas a las estructuras hidráulicas para evitar la acumulación de materiales que puedan obstruir el sistema de drenaje y aumentar el riesgo de deslizamientos. • Mantenimiento y reparación constante de los accesorios de las estructuras para evitar que se deterioren y fallen, aumentando el riesgo de deslizamientos por las fugas. • Evaluación constante de la estabilidad de las laderas cercanas a las estructuras, con el fin de detectar cualquier señal de inestabilidad y tomar las medidas necesarias para evitar deslizamientos. • Desarrollo de planes de emergencia y contingencia para atender situaciones de riesgo y minimizar los impactos en caso de deslizamientos. • Monitoreo constante de las condiciones hidrológicas y meteorológicas en la zona para prevenir y anticipar situaciones de riesgo, y tomar medidas preventivas para minimizar el riesgo de deslizamientos.



AMENAZA: INUNDACIONES

Problemas e impactos

- Las aguas superficiales (contaminadas) ingresan a la cámara distribuidora de caudales, cámara de reunión, cámara rompe presiones, afectando la calidad de las aguas.
- Inundan las cajas de válvulas llenándolas de sedimentos y atascándolas.
- Corroen accesorios de fierro galvanizado y metálicos.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Es importante incluir en el expediente estudios hidrológicos que permitan determinar los niveles de precipitaciones en la zona de trabajo.
- Se deben prever zanjas de drenaje en las partes altas para evitar que el agua fluya hacia las cámaras.
- Se deben diseñar sistemas de drenaje adecuados que permitan evacuar rápidamente el agua en caso de inundaciones.
- Es importante instalar barreras de contención, como diques o muros de contención, para evitar que el agua entre en las cámaras.

En la construcción considerar:

- Para evitar el ingreso de agua durante la construcción, se recomienda levantar los muros de las estructuras por encima del nivel del terreno.
- Es importante prever puntos de limpieza en la losa del piso de las estructuras hidráulicas para permitir la limpieza y el mantenimiento adecuados.

En operación considerar:

- Realizar limpieza y descolmatación periódica de las estructuras para garantizar su correcto funcionamiento en caso de lluvias intensas.
- Remover cualquier objeto o elemento que pueda obstaculizar el flujo del agua alrededor de las estructuras, con el fin de evitar su acumulación y posibles inundaciones.



AMENAZA: TERREMOTOS

Problemas e impactos

- Destrucción parcial o total de las estructuras.
- Presencia de fisuras en los muros de las estructuras.
- Rotura de los empalmes entre las tuberías y las estructuras.
- Pérdida de la verticalidad de las estructuras de concreto armado.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realizar estudios geológicos para identificar fallas y evaluar los riesgos sísmicos y de licuefacción del suelo.
- Considerar el uso de accesorios flexibles en las conexiones de las estructuras para permitir cierta movilidad durante un evento sísmico.
- Incluir en el expediente técnico el diseño antisísmico de las estructuras, incluyendo cálculos y detalles de refuerzo.

En la construcción considerar:

- Asegurar el uso de materiales de construcción de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas.
- Efectuar pruebas de control de calidad para verificar la adecuada resistencia y funcionamiento de los materiales.

En operación considerar:

- Evaluación permanente de las grietas.
- Realizar mantenimiento periódico a las cámaras y a las estructuras que las contienen, con el fin de detectar posibles daños o debilidades que puedan poner en riesgo su estabilidad.
- Realizar inspecciones visuales y ensayos no destructivos de los materiales, para detectar posibles fisuras o daños que puedan poner en riesgo la seguridad de las estructuras.
- Verificar el buen funcionamiento de las válvulas, equipos y sistemas de seguridad instalados en las cámaras y en las estructuras que las contienen, como sensores de movimiento, sistemas de extinción de incendios, entre otros.
- Capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento de las cámaras en medidas de seguridad y en protocolos de emergencia en caso de terremotos u otras situaciones de riesgo.

En la medida de lo posible, se evitará el empleo de cámaras rompedor (CRP) en las redes de distribución. Esto se debe a que estas cámaras son elementos susceptibles a daños debido a la inclusión de boyas para el control del nivel de agua. En caso de deterioro, estas boyas no son reemplazadas de forma inmediata, lo que resulta en una insuficiente provisión de agua a la población ubicada aguas abajo de la CRP.

Es preferible dividir el caudal a través de una cámara distribuidora de caudales, en subsistemas, evitando de esa manera tener presiones altas en las redes de distribución y sectorizando el sistema, situación que aplicable a diseño en condiciones normales.

16.3.3 En prefiltros y filtros lentos

Tabla 89: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en prefiltros y filtros lentos

	AMENAZA: DESLIZAMIENTOS
Problemas e impactos	• Destrucción total o parcial de las estructuras en los prefiltros y filtros lentos. • Enterramiento de la estructura. • Arrastre de sólidos. • Colmatación de los lechos filtrantes. • Modificación de las características físicas y químicas del agua.
Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad	En el diseño considerar: • Realizar tratamientos de cuencas aguas arriba para prevenir el arrastre de sólidos que puedan afectar el funcionamiento de los prefiltros y filtros lentos. • Incluir estudios geodinámicos en el diseño para determinar los cambios que se puedan producir en la zona por acción de agentes externos, como la lluvia, entre otros. • Realizar tratamientos en las laderas, como la construcción de terrazas y muros de contención, para disminuir la inestabilidad de los taludes y prevenir deslizamientos.
	En la construcción considerar: • Evitar la ubicación de estos elementos en las zonas vulnerables y con peligro de deslizamientos • Prever sistemas de drenaje adecuados que permitan evacuar rápidamente el agua en caso de lluvias intensas. • Implementar medidas de estabilización del terreno, como la construcción de muros de contención o terrazas, para evitar deslizamientos. • Limitar la excavación y movimiento de tierras en las zonas más críticas para minimizar la alteración del suelo. • Realizar la compactación adecuada del suelo en los lugares donde se construirán estructuras para mejorar la estabilidad del terreno. • Asegurarse de que los materiales de construcción se almacenen en áreas seguras y estables para evitar su deslizamiento o caída. • Establecer protocolos de seguridad y capacitación para el personal de construcción, con el fin de prevenir accidentes y lesiones en zonas inestables.
	En servicio considerar: • Limpieza periódica de filtros y reposición del lecho filtrante (tener arena en existencia). • realizar inspecciones periódicas de las estructuras para detectar posibles deslizamientos o inestabilidades. • Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de las estructuras, reparando cualquier daño o deformación que se observe.. • Realizar seguimiento a la calidad del suelo en las zonas cercanas a las estructuras para detectar posibles cambios o inestabilidades. • Establecer un sistema de monitoreo continuo de las estructuras y del entorno para detectar cualquier movimiento anómalo. • Mantener los sistemas de drenaje en buen estado para evitar la acumulación de agua que pueda generar deslizamientos. • Capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento de las estructuras en las medidas preventivas y en la identificación de posibles deslizamientos.



AMENAZA: INUNDACIONES

Problemas e impactos

- Presencia de gran cantidad de sedimentos y turbiedad que colmatan los filtros.
- No funciona el filtro y las aguas llegan al reservorio con sedimentos y turbiedad alta.
- Rebose del agua por las unidades de filtración
- Contaminación del agua.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Construcción de disipadores de energía, para evitar el arrastre de sólidos.
- Considerar en el diseño tubería bypass para facilitar el mantenimiento.
- Considerar estudios físicos del agua principalmente de la turbidez en época de lluvias para mejorar el tratamiento preliminar.
- Establecer un plan de contingencia para situaciones de lluvias intensas.
- Garantizar la estabilidad de las laderas y taludes en las zonas de trabajo.
- Prever zanjas de drenaje en las partes altas de las estructuras.
- Controlar el uso del agua en la obra para evitar la acumulación innecesaria de agua en las zonas de trabajo.
- Prever equipos y áreas para lavado de materiales de los lechos filtrantes.
- Utilizar materiales de construcción adecuados y de calidad para garantizar la resistencia y estabilidad de las estructuras ante las lluvias intensas. Materiales recomendados:
- Hormigón armado, ladrillos y piedra son duraderos y resistentes, capaces de soportar grandes cargas y resistir la erosión causada por lluvias intensas.
- Los geotextiles son sintéticos, resistentes al agua y pueden soportar cargas pesadas para proteger estructuras de la erosión.
- Las tuberías de PVC son resistentes al agua y adecuadas para sistemas de drenaje en prefiltros y filtros lentos (Es importante seguir las recomendaciones de los fabricantes y los códigos de construcción aplicables en la zona donde se construirán).
- Garantizar la correcta instalación de los prefiltros y filtros lentos según las especificaciones técnicas.
- Establecer un plan de mantenimiento y limpieza periódico de los prefiltros y filtros lentos para garantizar su correcto funcionamiento.

En la construcción considerar:

- Establecer una adecuada señalización y demarcación en las zonas de trabajo para evitar el acceso de personas no autorizadas.
- Rellenar las zonas excavadas para evitar que el agua pueda empozarse.
- Asegurarse de que los prefiltros y filtros lentos sean contruidos de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas.
- Realizar pruebas de control de calidad en la construcción de los prefiltros y filtros lentos.
- Garantizar que los materiales utilizados en la construcción sean resistentes al agua y la corrosión.
- Implementar medidas de drenaje para el exceso de agua que se pueda acumular en la zona de construcción.

En servicio considerar:

- Realizar inspecciones periódicas de los prefiltros y filtros lentos para asegurar su correcto funcionamiento y detectar posibles daños o obstrucciones.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para limpiar y descolmatar los prefiltros y filtros lentos de manera regular.
- Tener un sistema de monitoreo y alerta temprana de inundaciones en la zona, para tomar medidas preventivas en caso de que se presente un evento extremo.
- Capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento de los prefiltros y filtros lentos sobre los riesgos asociados a las inundaciones y las medidas de prevención y seguridad necesarias.
- Contar con un plan de emergencia que incluya medidas para proteger los prefiltros y filtros lentos en caso de inundaciones, como el sellado temporal de las entradas y salidas.
- Establecer medidas de seguridad y señalización en la zona de los prefiltros y filtros lentos para evitar accidentes durante las operaciones de mantenimiento y limpieza.



AMENAZA: TERREMOTOS

Problemas e impactos

- Destrucción total o parcial de las estructuras.
- Hundimientos que afectan la infraestructura.
- Grietas en muros y columnas.
- Falla por corte en tuberías de entrada y salida a las estructuras rígidas por asentamiento diferencial del suelo.
- Suspensión de la energía eléctrica que pueden afectar ciertos procesos electromecánicos.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Considerar estudios geodinámicos con la finalidad de determinar los cambios que se puedan producir en la zona por acción de agentes internos como los sismos entre otros.
- Considerar elementos con empalmes flexibles que eviten la rotura de tuberías y accesorios al atravesar paredes de muros.
- Considerar en los diseños el cálculo sísmico para el refuerzo de las estructuras.
- Las uniones deben ser dúctiles con alta resistencia sísmica.
- Incluir medidas de protección sísmica en los prefiltros y filtros lentos, como refuerzos estructurales y sistemas de aislamiento sísmico.
- Garantizar el uso de materiales resistentes a los movimientos sísmicos y con las características técnicas adecuadas.
- Realizar pruebas de control de calidad en los materiales y procesos constructivos para asegurar su resistencia sísmica.
- Incluir en el diseño elementos para reducir la vulnerabilidad ante sismos, como muros de contención, drenajes y sistemas de evacuación de emergencia.

En la construcción considerar:

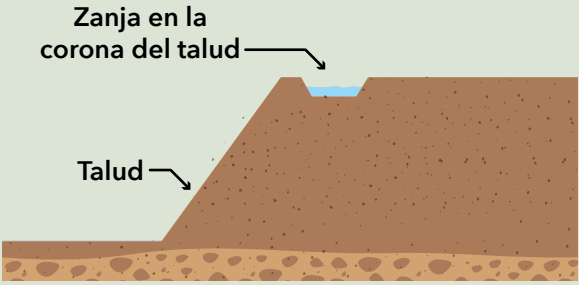
- Los accesorios deben ser fáciles de montar y desmontar, incluyendo uniones universales.
- Asegurarse de que las tuberías estén correctamente ancladas a las estructuras, para evitar que se desplacen durante un sismo.
- Realizar inspecciones visuales y pruebas de control de calidad durante la instalación de los prefiltros y filtros lentos.
- Utilizar técnicas constructivas adecuadas para garantizar la estabilidad de las estructuras en caso de un sismo.
- Considerar la posibilidad de incorporar elementos estructurales adicionales, como muros de contención, para mejorar la resistencia sísmica del sistema.
- Asegurarse de que los empalmes de las tuberías sean flexibles y capaces de resistir los movimientos sísmicos.

En servicio considerar:

- Reubicación de los prefiltros o filtros lentos.
- Realizar inspecciones periódicas para detectar posibles daños o fisuras en las estructuras y accesorios.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de forma regular.
- Implementar un plan de contingencia para el caso de sismos y capacitar al personal sobre cómo actuar ante esta situación.
- Tener un stock de repuestos y materiales necesarios para la reparación de las estructuras y accesorios.
- Contar con herramientas y equipos especializados para la reparación y mantenimiento de las estructuras y accesorios.

16.3.4 En tanques cisterna y casetas de bombeo

Tabla 90: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en tanques cisterna y casetas de bombeo

	AMENAZA: DESLIZAMIENTOS
Problemas e impactos	• Destrucción total o parcial de las estructuras en la caseta de bombeo. • Enterramiento de la estructura del tanque cisterna. • Suspensión de la operación de los equipos electromecánicos. • Contaminación del agua.
Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad	En el diseño considerar (tener en cuenta que los tanques cisterna y las casetas de bombeo no están directamente relacionados con deslizamientos, ya que son estructuras elevadas): • Ubicar el tanque cisterna y la caseta de bombeo en zonas seguras y estables, lejos de las zonas de fallas sísmicas y en áreas de baja susceptibilidad a los movimientos sísmicos. • Donde se considere apropiado por su vulnerabilidad incorporar elementos de empalmes flexibles para prevenir la rotura de tuberías y accesorios al atravesar paredes y techos de mampostería. • Donde se considere apropiado por su vulnerabilidad incorporar sistemas de protección sísmica pasiva, como aisladores y disipadores de energía, para reducir la vibración y el impacto de los movimientos sísmicos en las estructuras. • Gestión integral de cuencas. • Zanjas de coronación en las partes altas con la finalidad de evitar que las aguas de lluvias infiltren los terrenos con pendientes fuertes y la desestabilicen. • Reforestación con plantas nativas con la finalidad de estabilizar los suelos. • Donde se considere apropiado por su vulnerabilidad diseñar los tanques cisterna y las casetas de bombeo con materiales resistentes a los sismos y con sistemas de soporte y anclaje adecuados para resistir los movimientos sísmicos. 



AMENAZA: INUNDACIONES

Problemas e impactos

- Contaminación del agua por ingreso de aguas superficiales.
- Daño en el equipo electromecánico y en los paneles de control.
- En sistemas con pozos las tuberías colapsan por golpe de ariete causado por el corte de energía.
- Daños en edificaciones por erosión de cimentación.
- Contaminación del agua extraída por elevación del nivel freático.
- La inundación puede desenterrar las estructuras y luego arrastrarlas en la dirección de la corriente.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Diseñar sistemas de drenaje adecuados que permitan la evacuación rápida del agua de lluvia y prevenir inundaciones en el sitio donde se ubican los tanques y las casetas.
- Considerar la instalación de equipos y accesorios que permitan mitigar las consecuencias por el corte de energía, especialmente los que originan el golpe de ariete.
- Diseñar adecuadamente el anclaje de los equipos de bombeo para evitar daños por la fuerza del agua durante las inundaciones.
- Prever la construcción de cercos de protección contra la erosión para evitar que la corriente del agua dañe la estructura del tanque o la caseta de bombeo.
- Verificar que los equipos eléctricos estén protegidos contra las inundaciones y los cortocircuitos eléctricos.
- Diseñar adecuadamente la cimentación de los tanques cisterna para prevenir que floten en caso de inundaciones o licuación de suelos.
- Proporcionar un equipo electrógeno auxiliar para asegurar el suministro de energía eléctrica durante emergencias.
- Considerar la instalación de sistemas de alerta temprana para informar a los encargados de las instalaciones sobre la posible ocurrencia de inundaciones.

En la construcción considerar:

- Realizar una correcta compactación del terreno donde se construirán los tanques cisterna y casetas de bombeo, con el fin de evitar suelos colapsables y asegurar la estabilidad de la estructura.
- Levantar la estructura de los tanques cisterna y casetas de bombeo por encima del nivel del suelo y del nivel de inundación, para evitar que el agua de escorrentía ingrese y afecte la estructura.
- Construir adecuados cercos de protección contra la erosión y el suministro de un equipo electrógeno auxiliar para asegurar el suministro de energía en caso de corte de energía.
- Verificar que se haya considerado el nivel freático en el diseño de la cimentación para evitar que los tanques cisterna puedan flotar en caso de licuación de suelos.
- Garantizar que se utilicen materiales de construcción de calidad y que se sigan las normas y estándares de construcción correspondientes.
- Realizar inspecciones y pruebas de calidad durante la construcción para detectar y corregir cualquier problema antes de la finalización de la obra.



AMENAZA: INUNDACIONES

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En servicio considerar:

- Realizar mantenimiento preventivo regular al equipo electromecánico, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Verificar el buen estado y funcionamiento de las bombas y accesorios, reemplazando las piezas defectuosas de forma inmediata.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo para el equipo, que incluya revisiones periódicas, limpieza de filtros y eliminación de obstrucciones en tuberías.
- Disponer de un stock de piezas de repuesto, herramientas y equipos para emergencias, para una pronta respuesta ante eventuales fallas del equipo.
- Capacitar al personal encargado del mantenimiento y operación de las instalaciones, sobre el correcto uso y mantenimiento del equipo y las medidas de seguridad a seguir.
- Realizar una limpieza y mantenimiento general de los tanques cisterna y casetas de bombeo de forma regular, utilizando motobombas y equipos de limpieza especializados.
- Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas y sistemas de control, y reemplazar las piezas defectuosas de forma inmediata.

16.3.5 En el reservorio o tanque de almacenamiento

Tabla 91: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en reservorio



AMENAZA: DESLIZAMIENTOS

Problemas e impactos

- Destrucción parcial o total de estas estructuras ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos activos.
- Rotura de los accesorios como válvulas.
- Fisuras en la estructura de almacenamiento.
- Pérdida de agua por filtraciones.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Considerar estudios geológicos para identificar zonas críticas propensas a deslizamientos, así como conocer la capacidad de carga y las características del terreno.
- Ubicar la estructura en un lugar menos vulnerable, evitando terrenos inestables o con pendientes pronunciadas.
- Establecer un sistema de monitoreo y alerta temprana para detectar posibles movimientos en el terreno.
- Prever muros de sostenimiento y protección en las zonas más críticas para evitar el deslizamiento del terreno.
- Diseñar un sistema de drenaje superficial y subsuperficial adecuado para el terreno, a fin de evitar la acumulación de agua y la saturación del suelo.
- Construir un cerco de protección alrededor del reservorio para evitar el acceso de personas y animales, así como prevenir la erosión y la entrada de sedimentos.
- Realizar la reforestación de taludes con plantas nativas, las cuales ayudan a estabilizar el terreno y a retener la humedad.
- Verificar que se haya considerado el nivel de la capa freática en el diseño de la cimentación, especialmente en el caso de reservorios enterrados, pues pueden flotar si no están llenos, si ocurre licuación de suelos.
- Prever un ByPass con dispositivo reductor de presión si fuera necesario, para aliviar la presión en caso de lluvias intensas.
- Realizar simulaciones de deslizamientos y evaluaciones de riesgos para establecer medidas adicionales de prevención y mitigación.



AMENAZA: DESLIZAMIENTOS

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En la construcción considerar:

- Realizar excavaciones y rellenos cuidadosamente, evitando la compactación excesiva del suelo y minimizando la alteración del terreno natural.
- Construir un canal de desvío de aguas lluvias y escorrentía, para proteger la estructura del reservorio de la erosión y el desgaste.
- Colocar barreras de contención y drenajes en los alrededores del reservorio, para evitar la entrada de sedimentos y material suelto durante periodos de lluvia intensa.
- Establecer un sistema de monitoreo de la estabilidad del suelo y del reservorio, mediante el uso de dispositivos de medición y análisis de datos.
- Implementar medidas de seguridad durante la construcción, como la instalación de barreras de protección y la delimitación de zonas de acceso restringido.
- Verificar que los materiales y equipos utilizados durante la construcción cumplan con los estándares y normativas de seguridad correspondientes.
- Realizar pruebas de resistencia y estabilidad del reservorio una vez concluida la construcción, para asegurar su adecuado funcionamiento y prevenir riesgos futuros.
- Asegurarse de que el personal involucrado en la construcción esté capacitado y familiarizado con los protocolos de seguridad y emergencia, para actuar en caso de situaciones adversas.

En servicio considerar:

- Inspección y mantenimiento regular de la estructura, incluyendo la limpieza de las tuberías y la reparación de cualquier grieta o fisura que se detecte.
- Monitoreo constante de la calidad del agua almacenada, para asegurar que sea segura para su uso.
- Capacitación y entrenamiento del personal encargado de operar y mantener la estructura, para que estén preparados para responder en caso de emergencias.
- Establecimiento de protocolos de emergencia y evacuación en caso de desastres naturales u otras situaciones de riesgo.
- Verificación y mantenimiento regular de las válvulas de control y otras partes móviles del sistema, para asegurar que funcionen correctamente en caso de emergencia.
- Control de acceso a la estructura para evitar vandalismo y contaminación del agua almacenada.
- Registro y documentación de todas las operaciones y mantenimiento realizados en la estructura, para poder llevar un seguimiento y control adecuados.



AMENAZA: CAÍDA DE ROCAS

Problemas e impactos

- Fisuras en los muros por impacto de las rocas.
- Daño en las cámaras de válvulas (rotura de los accesorios).
- Pérdida de agua en el tanque de almacenamiento por filtraciones.
- Daño en los sistemas de cloración ubicados próximos al reservorio.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realizar un análisis de riesgo para identificar las zonas de mayor peligro y definir medidas preventivas y de mitigación.
- Considerar la construcción de muros de contención en las zonas de mayor riesgo de caída de rocas.
- Utilizar materiales resistentes y de alta calidad en la construcción de la estructura y sus componentes, como los tanques de almacenamiento y las tuberías.
- Incluir en el diseño la posibilidad de instalar mallas de protección en las zonas más críticas.
- Implementar un programa de monitoreo y mantenimiento regular de la estructura y su entorno para detectar y corregir posibles fallas o riesgos de caída de rocas.

En la construcción considerar:

- Realizar la construcción en épocas del año que tengan menor probabilidad de caídas de rocas.
- Instalar mallas metálicas de protección en las laderas del reservorio y de los caminos de acceso.
- Establecer zonas de seguridad alrededor del reservorio para proteger a los trabajadores y los equipos de caídas de rocas.
- Crear un plan de emergencia y evacuación en caso de caídas de rocas en la zona del reservorio.
- Tener un sistema de monitoreo y alerta temprana para detectar posibles caídas de rocas en la zona del reservorio.
- Utilizar maquinaria especializada y personal capacitado en la limpieza y desquince controlado de rocas en la zona del reservorio.
- Implementar medidas de protección adicionales en caso de que se identifiquen zonas críticas durante la construcción, como la construcción de muros de contención o la modificación del diseño original del reservorio para evitar áreas de alta vulnerabilidad.

En servicio considerar:

- Realizar inspecciones regulares de la estructura para detectar cualquier daño o fisura que pueda comprometer la integridad del tanque.
- Implementar sistemas de monitoreo para detectar posibles movimientos en las laderas cercanas al reservorio.
- Establecer un protocolo de respuesta ante situaciones de riesgo, incluyendo la evacuación inmediata en caso de ser necesario.
- Establecer un plan de contingencia y de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad y la funcionalidad del reservorio.
- Capacitar al personal encargado del mantenimiento y operación del reservorio en medidas de seguridad y prevención de accidentes.



AMENAZA: TERREMOTOS

Problemas e impactos

- Destrucción parcial o total de las estructuras.
- Presencia de fisuras en los muros del tanque y la cámara de válvulas.
- Rotura de los empalmes entre las tuberías y las estructuras.
- Grietas que con el ambiente húmedo corroen las varillas de acero de refuerzo en la estructura.
- Hundimiento o rotación que afecta a la estructura.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realización de estudios sísmicos para identificar zonas de mayor peligro y determinar las características del suelo para la cimentación de la estructura.
- Diseño y construcción de una estructura resistente a terremotos, siguiendo normas y reglamentos técnicos aplicables.
- Utilización de materiales de construcción con características sismo-resistentes y de calidad certificada.
- Diseño y construcción de sistemas de anclaje y sujeción de las tuberías y equipos, para evitar su movimiento durante un sismo.
- Previsión de sistemas de apoyo y anclaje para el tanque de almacenamiento, para evitar su volcamiento.
- Previsión de sistemas de detección de fugas y de corte automático de suministro de agua en caso de sismo.
- Instalación de sistemas de monitoreo sísmico para detectar posibles daños en la estructura después de un evento sísmico y programar su reparación o rehabilitación si es necesario.

En la construcción considerar:

- Verificar la calidad del concreto y del acero utilizado en la estructura, y que cumpla con las normas técnicas y estándares requeridos.
- Realizar la construcción de forma secuencial y en etapas, en lugar de en una sola fase, para garantizar la estabilidad de la estructura y evitar la concentración de esfuerzos.
- Utilizar encofrados adecuados y con la resistencia necesaria para soportar las cargas durante la construcción.
- Fijar adecuadamente la estructura a la cimentación y al terreno mediante anclajes o pernos de anclaje.
- Implementar sistemas de monitoreo y control de calidad durante la construcción, para detectar posibles fallas o deformaciones.
- Considerar la posibilidad de instalar sistemas de aislamiento sísmico, como aisladores de base o dispositivos de disipación de energía, para reducir los efectos de los movimientos sísmicos en la estructura.
- También se puede considerar la construcción de estructuras de protección sísmica, como muros de contención o muros de mampostería armada, para reducir la vulnerabilidad de la estructura ante un terremoto.

En servicio considerar:

- La escalera de acceso deberá ser móvil (las estructuras pueden sufrir daños y deformaciones que pueden hacer que las escaleras fijas se desplacen o incluso se desprendan de la estructura)
- Realizar inspecciones periódicas de la estructura del reservorio o tanque para detectar posibles daños o fisuras que puedan haber ocurrido durante un terremoto.
- En caso de que se haya producido algún daño o fisura, repararlo de manera oportuna y adecuada para evitar la pérdida de agua o daños mayores a la estructura.
- Verificar que los elementos de conexión, como las tuberías y las válvulas, estén en buenas condiciones y no presenten fugas o daños que puedan agravarse en caso de un terremoto.
- Realizar simulacros de emergencia con el personal encargado de la operación y mantenimiento del reservorio o tanque para garantizar que sepan cómo actuar en caso de un terremoto.
- Prever sistemas de protección sísmica en la estructura del reservorio o tanque, como aisladores sísmicos o disipadores de energía, para reducir la intensidad del movimiento sísmico que llega a la estructura.
- Garantizar que el reservorio o tanque esté bien anclado al suelo mediante una cimentación adecuada y el uso de pernos de anclaje de acero de alta resistencia.

16.3.6 En líneas de conducción y redes de distribución

Tabla 92: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en líneas de conducción y redes de distribución

	AMENAZA: DESLIZAMIENTO
Problemas e impactos	• Contaminación del agua de escorrentía superficial y subsuperficial. • Rotura de las tuberías desabasteciendo de agua a la población. • Obstrucción debido al ingreso de sedimentos y otros en las redes y líneas. • Enterramiento de las tuberías. • Arrastre de tramos en las líneas y redes de agua. • Pérdida del alineamiento en las tuberías.
Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad	En el diseño considerar: • Prever sistemas de drenaje superficial y subsuperficial para evitar acumulaciones de agua en la base de la línea de conducción o red de distribución. • Instalar dispositivos de protección contra deslizamientos, como barreras de contención o mallas de protección en zonas críticas identificadas por los estudios geológicos. • Realizar inspecciones regulares de la línea de conducción y red de distribución para detectar posibles daños o desplazamientos. • Verificar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de la línea de conducción o red de distribución, asegurándose de que cumplan con los requisitos técnicos y normativos.
	En la construcción considerar: • Evitar la realización de excavaciones en zonas cercanas a laderas inestables y deslizamientos conocidos. • En caso de que la línea de conducción atraviese una zona inestable, se debe realizar un tratamiento adecuado del terreno para estabilizar la zona. • El movimiento de maquinaria pesada debe ser controlado y planificado cuidadosamente para evitar deslizamientos y daños en el terreno. • Prever sistemas de drenaje superficial y subsuperficial en la zona de la línea de conducción para evitar la acumulación de agua y minimizar la erosión. • Se debe construir muros de contención y protección adecuados en las zonas más críticas y cercanas a deslizamientos. • Se deben colocar tuberías de manera adecuada, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas para minimizar la probabilidad de fallas o roturas. • Se debe verificar que las zanjas de la línea de conducción se encuentren correctamente protegidas y apuntaladas para evitar deslizamientos y daños a la tubería. • Es importante contar con un plan de contingencia para actuar en caso de deslizamientos y otros eventos naturales que puedan afectar la línea de conducción o la red de distribución.



AMENAZA: DESLIZAMIENTO

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En servicio considerar:

- Inspecciones regulares de la línea de conducción y redes de distribución para detectar posibles daños o deslizamientos.
- Realización de mantenimiento preventivo de manera periódica, para evitar la degradación de las tuberías y el desgaste por erosión.
- Ante la detección de problemas, realizar reparaciones inmediatas para evitar el agravamiento de la situación.
- Capacitación del personal encargado del mantenimiento y reparación de las tuberías y redes de distribución en materia de prevención de deslizamientos y cómo actuar en caso de emergencia.
- Contar con tuberías y accesorios de intervención rápida para la reparación de daños.
- Establecer planes de contingencia en caso de deslizamientos, con el fin de actuar de manera rápida y eficaz ante una emergencia.
- Monitoreo de las zonas críticas propensas a deslizamientos para detectar posibles problemas en la línea de conducción o redes de distribución.
- Utilizar sistemas de alerta temprana ante posibles deslizamientos, para permitir la evacuación del personal y la activación de los planes de contingencia en el menor tiempo posible.
- Recubrir el relleno de la tubería permanentemente para evitar la erosión del suelo y la exposición de la tubería a posibles daños.
- Verificar que los sistemas de drenaje y filtración estén funcionando adecuadamente para evitar acumulaciones de agua que puedan afectar la estabilidad de las laderas y provocar deslizamientos.



AMENAZA: CAÍDA DE ROCAS

Problemas e impactos

- Rotura de las tuberías por impacto, debido a la poca profundidad de relleno sobre las redes.
- Desabastecimiento de agua a la población.
- Contaminación del agua introducida por la tubería rota
- Dificultad de acceder a la tubería por la presencia de rocas.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realización de estudios geológicos para identificar zonas críticas propensas a caídas de rocas.
- Desvío del trazo de la línea de conducción o red de distribución en zonas más seguras.
- Utilización de tuberías de mayor resistencia para evitar daños por la caída de rocas.
- Profundización del enterramiento de la tubería a una altura mínima de 0.70 m, la que se aumentará de acuerdo con la gravedad de la amenaza.
- Tratamiento de laderas en las partes altas para evitar desprendimientos de rocas.
- Reforestación con plantas nativas para reforzar la estabilidad del terreno.
- En caso de que la tubería atraviese zona rocosa y no se pueda profundizar la excavación, se construirá muros de piedras a modo de andenes para ubicar dentro de ella la tubería previamente colocando una cama de arena de soporte y luego rellenando hasta una altura mínima de 0.70 m.



AMENAZA: CAÍDA DE ROCAS

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En la construcción considerar:

- Establecer medidas de seguridad para la prevención de accidentes en zonas críticas.
- Implementar sistemas de protección y seguridad para el personal encargado de la construcción en zonas críticas.
- Contar con un plan de emergencias y evacuación en caso de algún desprendimiento o accidente en zona crítica.
- Realizar inspecciones periódicas de la tubería y su entorno para detectar posibles daños y fugas de agua durante la construcción.
- Establecer un protocolo de seguridad y prevención para el manejo de equipos y maquinarias durante la construcción.
- Contar con un plan de manejo de desechos y materiales de construcción para evitar obstrucciones y daños a la tubería y al entorno.
- En caso de que se detecte una fuga de agua durante la construcción, se deberá tomar las medidas necesarias para su pronta reparación y evitar pérdidas significativas de agua. .

En servicio considerar:

- Realizar inspecciones regulares de la estructura para detectar cualquier daño o fisura que pueda comprometer la integridad del tanque.
- Implementar sistemas de monitoreo para detectar posibles movimientos en las laderas cercanas al reservorio.
- Establecer un protocolo de respuesta ante situaciones de riesgo, incluyendo la evacuación inmediata en caso de ser necesario.
- Establecer un plan de contingencia y de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad y la funcionalidad del reservorio.
- Capacitar al personal encargado del mantenimiento y operación del reservorio en medidas de seguridad y prevención de accidentes.



AMENAZA: INUNDACIONES

Problemas e impactos

- Erosión en los rellenos de las zanjas, debido a una mala compactación y poca altura de excavación, quedando expuesta la tubería
- Deterioro de las tuberías por asentamiento del suelo como consecuencia de la saturación del suelo.
- Deterioro de las válvulas de control y cámaras de purga y aire
- Pérdida del alineamiento en las tuberías.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Diseñar las redes de distribución de agua en circuitos que permitan aislar con válvulas, sectores con amenaza de inundación o posibles desbordes de quebradas o ríos.
- Hay trazos que no pueden evitarse que pasen por zonas peligrosas y no es posible reubicarlos, por lo tanto, se debe considerar como parte de la inversión un porcentaje de la tubería para posterior stock como repuestos.
- Relleno y compactación de las zonas erosionadas.
- Proponer en el expediente técnico, drenajes, para desviar las aguas de lluvias a las quebradas.
- Especificar en el expediente técnico altura mínima de excavación y relleno de 0.70 m.
- Especificar el grado de compactación de los rellenos en la línea de conducción y red de distribución.
- Realizar estudios de hidrología para determinar las zonas de riesgo de inundaciones.
- Diseñar sistemas de monitoreo y alerta temprana ante posibles crecidas de ríos y quebradas cercanas a las líneas de conducción y redes de distribución.
- Incorporar sistemas de protección contra la erosión en las zonas de mayor riesgo, como muros de contención o terrazas de protección.
- Considerar el impacto del cambio climático en la planificación y diseño de las redes de distribución de agua.

En la construcción considerar:

- Asegurar que los trabajadores estén debidamente capacitados en medidas de seguridad relacionadas con inundaciones.
- Realizar inspecciones y pruebas de calidad en el sitio de construcción antes de instalar las tuberías.
- Garantizar que las tuberías estén correctamente asentadas y aseguradas en su lugar para evitar deslizamientos o flotación.
- Instalar sistemas de drenaje adecuados para evitar la acumulación de agua en el sitio de construcción.
- Establecer medidas de control de erosión en las áreas de excavación y relleno.
- Contar con equipos de bombeo portátiles para achicado de zanjas.

En servicio considerar:

- Realizar mantenimiento y limpieza periódica de los sistemas de drenaje para evitar obstrucciones y garantizar su correcto funcionamiento.
- Inspeccionar regularmente las líneas de conducción y redes de distribución para detectar posibles daños causados por inundaciones y tomar medidas preventivas antes de que ocurran fallas.
- Tener un plan de emergencia y contingencia para actuar en caso de inundaciones y minimizar los impactos en la red de distribución y en la población.
- Establecer un monitoreo constante de las condiciones climáticas y de los niveles de los ríos y quebradas cercanos a la red de distribución para estar alerta ante posibles crecidas repentinas.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de los muros y estructuras de protección para asegurar su eficacia en caso de inundaciones.
- Evaluar periódicamente los planes de contingencia y actualizarlos según sea necesario.



AMENAZA: SEQUÍA

Problemas e impactos

- Obstrucciones por la disminución del caudal, por lo tanto, reducción de la velocidad mínima para evitar la sedimentación.
- Conflicto social por acceder al agua en la población.
- Incremento de enfermedades, debido a la poca disponibilidad del recurso en las familias usuarias.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Realizar un análisis de la oferta y la demanda de agua para la determinación del caudal necesario.
- Identificar fuentes de agua alternativas y diseñar sistemas de interconexión con otras fuentes.
- Utilizar materiales de alta resistencia y durabilidad para evitar fugas y pérdidas de agua durante la conducción y distribución.
- Implementar medidas de conservación del agua, como la recolección y reutilización de aguas grises y la implementación de tecnologías eficientes en el uso del agua.
- Establecer planes de contingencia y gestión de crisis en caso de sequía, que contemplen medidas como la implementación de racionamientos y la priorización del suministro de agua para usos esenciales.
- Diseñar y construir infraestructuras para la captación y almacenamiento de agua de lluvia en épocas de lluvia para su uso en épocas de sequía.
- Sectorización de redes para una mejor distribución del agua.

En la construcción considerar:

- Realizar una correcta compactación del terreno para evitar fisuras o fracturas en las tuberías que podrían generar pérdidas de agua.
- Verificar que las tuberías y accesorios utilizados cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto y con las normas y estándares establecidos para garantizar su durabilidad y resistencia ante condiciones extremas.
- Establecer controles para la correcta instalación de las tuberías y accesorios, evitando errores en el montaje que puedan generar fugas de agua.
- En caso de interconexión con otras redes o sistemas, verificar que estas cumplen con las mismas normas y estándares establecidos para evitar altas presiones, la introducción de agua contaminada o de baja calidad que pueda afectar la calidad del agua suministrada.
- Realizar pruebas de presión en las tuberías antes de su puesta en marcha para asegurar la estanqueidad y evitar fugas de agua.

En servicio considerar:

- Monitorear constantemente el caudal y presión del agua en las líneas de conducción y redes de distribución.
- Realizar inspecciones periódicas en las estructuras de captación y almacenamiento de agua para asegurarse de que estén limpias y libres de sedimentos.
- Mantener actualizado el sistema de información geográfica (SIG), o al menos los planos de redes de tubería de distribución para poder identificar zonas críticas y establecer planes de contingencia en caso de sequía.
- Implementar planes de racionamiento y uso eficiente del agua en caso de que el caudal disminuya significativamente.
- Establecer acuerdos con otras entidades o sistemas de abastecimiento de agua para garantizar la continuidad del suministro en caso de emergencias.
- Contar con carros cisternas para el acarreo de agua en los sectores críticos.



AMENAZA: TERREMOTOS

Problemas e impactos

- Rotura de las tuberías y desacoplamiento de redes en las estructuras.
- Deformación permanente por la licuación de suelos.
- Desempalme en las uniones por separación de tuberías
- Las tuberías se deforman por compresión perpendicular a su eje y pierden su esfericidad.
- Pérdida de agua y desabastecimiento a la población.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad

En el diseño considerar:

- Identificar y evitar áreas inestables o propensas a fallas geológicas en el trazado de las líneas de conducción y redes de distribución.
- Diseñar líneas de conducción y redes de distribución con flexibilidad suficiente para absorber la deformación o desplazamiento causado por un terremoto.
- Diseñar y utilizar tuberías de materiales resistentes a los esfuerzos sísmicos, como el polietileno y/o fierro galvanizado.
- Incluir en el diseño de redes de distribución válvulas estratégicamente distribuidas para aislar las áreas dañadas.
- Diseñar uniones flexibles entre las tuberías y los accesorios para absorber la vibración y el desplazamiento horizontal.
- Especificar en el diseño el grado de compactación de los rellenos en la línea de conducción y redes de distribución.
- Proporcionar información detallada en el expediente técnico sobre los riesgos sísmicos en la zona de la obra y la manera de mitigarlos.
- Especificar en el diseño la profundidad de excavación mínima y la altura mínima de relleno para reducir la vulnerabilidad de la línea de conducción y red de distribución a los sismos.
- Especificar el tipo de suelo y su capacidad de soporte para las líneas de conducción y redes de distribución en la zona del proyecto.

En la construcción considerar:

- Realizar un seguimiento y evaluación continua de las condiciones del terreno durante la construcción, utilizando técnicas de monitoreo para detectar desplazamientos o deformaciones.
- Instalar soportes y estructuras de sujeción que permitan la flexibilidad de las tuberías ante el movimiento sísmico.
- Utilizar materiales de alta resistencia al impacto y al corte, como acero al carbono y polietileno de alta densidad (HDPE).
- Realizar pruebas hidrostáticas en todas las tuberías antes de la puesta en marcha de la red, para asegurar su correcta instalación y funcionamiento.
- Establecer planes de contingencia y procedimientos de emergencia para el personal que trabaja en la construcción, y llevar a cabo simulacros de evacuación y rescate.

En servicio considerar:

- Realizar inspecciones periódicas de las líneas y redes para detectar posibles daños, deformaciones o fisuras, y repararlos de manera oportuna.
- Capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento sobre los protocolos de actuación en caso de sismo o falla geológica, y realizar simulacros de manera periódica.
- Tener a disposición materiales y herramientas necesarias para la reparación de daños en caso de emergencia.
- Contar con planes de contingencia específicos para sismos y fallas geológicas, y asegurarse de que todo el personal involucrado esté informado y preparado para su aplicación.
- Mantener actualizada la información sobre las zonas de mayor riesgo de sismos y fallas geológicas en la región donde se ubica la línea o red, y tener un registro de los posibles puntos críticos que pueden ser más vulnerables a daños en caso de un evento sísmico o de falla geológica.
- Realizar inspecciones periódicas de las válvulas y accesorios de las líneas y redes, y verificar que estén en buen estado y funcionando correctamente.



AMENAZA: FALLAS GEOLÓGICAS

Problemas e impactos

- Rotura de las tuberías.
- Deformación permanente y separación en las uniones.
- Contaminación del agua transportada.
- Pérdida de alineamiento en las redes de agua.
- Obstrucción de la tubería por ingreso de sedimentos, colmatándose a los tramos aguas abajo.

16.3.7 En redes colectoras, emisor y efluentes, buzones, cámara de rejás, lagunas de estabilización y tanques sépticos

Existen diversos desafíos que pueden afectar el sistema de saneamiento, como deslizamientos, inundaciones, terremotos y sequías, que pueden provocar problemas e impactos negativos en el servicio. Estos eventos pueden colmar las redes de agua con lodos y residuos sólidos, provocar el reflujo de aguas residuales hacia las viviendas y generar contaminación ambiental y exposición a enfermedades.

Tabla 93: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en redes colectoras, emisor y efluentes, buzones, cámara de rejás, lagunas de estabilización y tanques sépticos.

AMENAZA: DESLIZAMIENTOS, INUNDACIONES, TERREMOTOS Y SEQUÍAS

Problemas e impactos

- Colmatación de las redes por ingreso de lodos y residuos sólidos, dejando de funcionar el desagüe domiciliario y los colectores.
- Reflujo de las aguas residuales hacia las viviendas y vías públicas generando focos de contaminación.
- En caso de terremotos rotura de las tuberías en las redes colectoras y emisores, colapso de los diques en las lagunas de estabilización y de las estructuras como cámaras de reja y tanques sépticos.
- Las tuberías de desagüe de diferentes diámetros, en general se dañan al ser desenterradas por erosión, arrancadas de sus emplazamientos y arrastradas aguas abajo.
- En caso de sequías se generan obstrucciones en redes por falta de caudal y disminución de la velocidad por debajo de la velocidad de sedimentación.
- Desborde de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Contaminación ambiental y exposición a enfermedades.
- Las lagunas al ser inundadas colapsan porque el volumen adicional sobrepasa la capacidad de almacenamiento a la que fue diseñada.
- Los taludes y canales de tierra colapsan por erosión
- Se depositan sedimentos en toda el área de la planta.

AMENAZA: DESLIZAMIENTOS, INUNDACIONES, TERREMOTOS Y SEQUÍAS**Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad****En el diseño considerar:**

- Incluir dispositivos de derivación de sobreflujo en línea o colectores principales del alcantarillado sanitario.

Deslizamientos:

- Realizar estudios de suelos y geotécnicos para determinar las condiciones del terreno y la estabilidad del suelo en la zona de construcción de las redes colectoras y otros elementos.
- Diseñar sistemas de retención para evitar deslizamientos, como muros de contención y anclajes de suelo.
- Evitar la construcción de redes colectoras y otros elementos en zonas con alta susceptibilidad a deslizamientos.
- Considerar la inclinación del terreno al diseñar la pendiente de las redes colectoras y emisores para evitar erosiones.

Inundaciones:

- Realizar estudios hidrológicos e hidráulicos para determinar la capacidad de la zona para soportar inundaciones y el impacto de las mismas en los elementos de la red de tratamiento de aguas residuales.
- Diseñar los elementos de la red de tratamiento de aguas residuales en zonas elevadas y/o con protección contra inundaciones, como muros de contención o barreras de protección.
- Considerar la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales para manejar flujos extremos de agua en la etapa de diseño.
- Diseñar sistemas de rebose y derivación en las plantas de tratamiento de aguas residuales para evitar desbordamientos en casos de inundaciones.

Terremotos:

- Realizar estudios de geotecnia y sismología para determinar la capacidad del terreno para soportar terremotos y la ubicación de las fallas geológicas cercanas a la zona de construcción.
- Diseñar las estructuras de la red de tratamiento de aguas residuales con materiales y sistemas que sean resistentes a los terremotos, como muros de concreto armado y sistemas de anclaje y refuerzo de tuberías.
- Considerar la ubicación de los equipos y documentos técnicos en zonas seguras y estables para evitar daños en casos de terremotos.

Sequías:

- Realizar estudios hidrológicos para determinar la capacidad de las redes colectoras y otros elementos para manejar flujos bajos de agua en casos de sequía.
- Diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales con sistemas que permitan la reutilización de aguas tratadas para fines no potables, como riego de jardines o limpieza de áreas comunes.
- Considerar la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales para tratar aguas residuales con concentraciones más altas de contaminantes en casos extremos.

AMENAZA: DESLIZAMIENTOS, INUNDACIONES, TERREMOTOS Y SEQUÍAS**Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad****En la construcción considerar:**

- Realizar inspecciones continuas durante la construcción para verificar que se cumplan las especificaciones de diseño.
- Utilizar materiales de alta calidad y comprobar que cumplan con las normas y especificaciones de construcción para reducir los daños causados por los desastres naturales.
- Identificar y evitar la construcción de las redes colectoras, emisores y efluentes, buzones y cámaras de rejillas en zonas de alto riesgo o vulnerabilidad, como áreas propensas a deslizamientos, inundaciones o terremotos.
- En el caso de la construcción en zonas de alto riesgo, tomar medidas especiales para proteger las estructuras, como la construcción de muros de contención, obras de drenaje, terraplenes y otros elementos de mitigación.
- Establecer un plan de contingencia y emergencia para la construcción y operación de las redes colectoras, emisores y efluentes, buzones y cámaras de rejillas, así como para las lagunas de estabilización y tanques sépticos.
- Asegurar que los trabajadores de construcción estén capacitados para reconocer y responder a situaciones de emergencia.
- Utilizar sistemas de monitoreo y control de calidad para garantizar la correcta construcción de las redes de alcantarillado y asegurar que se cumplan los estándares de calidad.
- Establecer planes de seguridad y protección para la construcción, con medidas preventivas y protocolos de respuesta ante desastres naturales.
- Evitar la construcción de redes colectoras y emisores en áreas inestables o suelos blandos y mejorar la estabilidad del suelo antes de la construcción mediante técnicas de compactación y drenaje.
- En el caso de la construcción de lagunas de estabilización y tanques sépticos, utilizar materiales de alta calidad y construirlos sobre una base sólida y resistente.
- Utilizar equipos y herramientas adecuados para la construcción y asegurarse de que estén en buen estado y sean apropiados para las condiciones de la obra.
- Realizar pruebas de carga y pruebas de fugas en las tuberías y otros componentes de las redes de alcantarillado para asegurar su resistencia y capacidad de carga.

En servicio considerar:**Deslizamientos:**

- Realizar inspecciones periódicas de las zonas aledañas a las redes de alcantarillado y retirar cualquier material que pueda obstruir o comprometer la estabilidad del sistema.
- Monitorear y registrar la actividad sísmica en la zona para detectar posibles movimientos de tierra y tomar medidas preventivas en consecuencia.

Inundaciones:

- Detener la operación de las bombas durante una inundación en las redes colectoras, emisor y efluentes, pozos de inspección, fosas sépticas y sistemas de tratamiento para evitar daños en la infraestructura y equipos.
- Realizar una inspección detallada de las instalaciones después de la inundación para detectar cualquier daño o problema y garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
- Llevar a cabo una limpieza y mantenimiento exhaustivo de las instalaciones afectadas por la inundación, eliminando sedimentos, lodos y otros materiales que puedan obstruir las tuberías y afectar el funcionamiento de los equipos.
- Reparar o reemplazar inmediatamente los equipos y tuberías dañados para evitar futuras inundaciones.
- Tomar medidas de prevención, como el mantenimiento regular de las instalaciones, la limpieza de las tuberías y la instalación de sistemas de drenaje y control de inundaciones adecuados en las áreas vulnerables.
- Realizar inspecciones periódicas de las redes de alcantarillado y limpiar cualquier obstrucción o acumulación de sedimentos que puedan reducir la capacidad de transporte de agua y aumentar el riesgo de inundaciones.
- Verificar el correcto funcionamiento de las compuertas y válvulas de control de flujo en la red de alcantarillado, y mantenerlas en buen estado para asegurar un control adecuado del agua en caso de inundaciones.
- Monitorear el nivel de agua en los buzones y cámaras de rejillas y tomar medidas preventivas si se detecta una posible inundación.

AMENAZA: DESLIZAMIENTOS, INUNDACIONES, TERREMOTOS Y SEQUÍAS**Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad****Terremotos:**

- Realizar inspecciones periódicas de las redes de alcantarillado para detectar posibles daños o fisuras causadas por actividad sísmica y tomar medidas preventivas en consecuencia.
- Realizar simulacros de emergencia para el personal de la planta de tratamiento de aguas residuales y establecer un protocolo de seguridad en caso de terremotos para minimizar el riesgo de lesiones o daños a la infraestructura.

Sequías:

- Monitorear el nivel de agua en las lagunas de estabilización y los tanques sépticos para asegurarse de que se mantengan en niveles adecuados.
- Implementar prácticas de conservación del agua en la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales para reducir el consumo de agua en las actividades cotidianas.
- Establecer un plan de contingencia en caso de una sequía prolongada, que incluya medidas para reducir el consumo de agua en la planta de tratamiento y buscar fuentes alternativas de agua para mantener el suministro de agua residual.

16.3.8 En pozos percoladores y zanjas de absorción**Tabla 94:** Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en pozos percoladores y zanjas de absorción**AMENAZA: DESLIZAMIENTOS Y INUNDACIONES****Problemas e impactos**

- Colapso parcial del sistema por saturación de agua y lodos.
- Contaminación ambiental.
- Riesgo y exposición de la población a enfermedades.
- Pérdida de la verticalidad de los pozos.
- Colmatación de la estructura. Presencia de malos olores.
- Aparición de vectores como moscas, cucarachas, roedores alrededor de la estructura.

Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad**En el diseño considerar:**

- Drenaje y/o derivación de aguas pluviales.
- Zanjas de interceptación (tierra y material filtrante).
- Encauzamiento o canalización de cursos de agua.

En la construcción considerar:

- Evitar la ubicación de los pozos percoladores y zanjas de absorción cerca de cauces de agua o zonas inundables.
- Realizar pruebas de conductividad hidráulica en el suelo.

En servicio considerar:

- Limpieza periódica de cauces de agua.
- Reubicación del percolador o zanja filtrante una vez que se colmate.

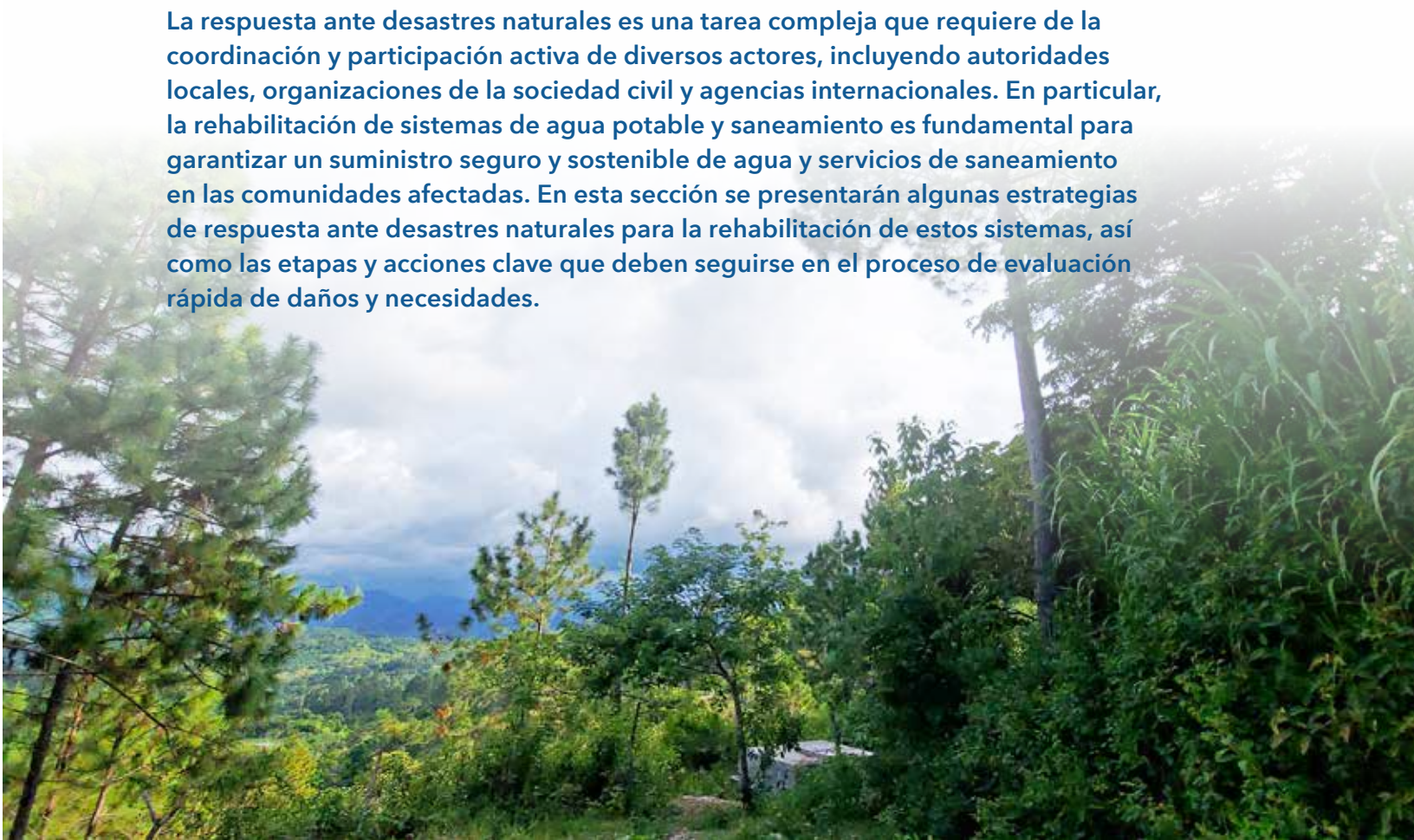
16.3.9 En sistemas de eliminación de excretas in situ

Tabla 95: Amenazas, impactos y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad en sistemas de eliminación de excretas in situ

AMENAZA: DESLIZAMIENTOS Y INUNDACIONES	
Problemas e impactos	• Contaminación ambiental. • Destrucción parcial o total de la infraestructura. • Riesgo y exposición de la población a enfermedades. • Dificultad para acceder a los servicios básicos. • Presencia de malos olores. • Aparición de vectores como moscas, cucarachas, roedores, entre otros.
Medidas de prevención y reducción de vulnerabilidad	En el diseño considerar: • Selección cuidadosa del sitio para la construcción de las letrinas, evitando áreas propensas a deslizamientos o inundaciones. • Ubicación de las letrinas en terrenos elevados para evitar inundaciones o en sitios con suelo resistente a deslizamientos. • Diseño de zanjas de coronación en la parte superior de las letrinas para evitar la entrada de agua de lluvia al interior. • Utilización de materiales de construcción resistentes y duraderos, que sean capaces de soportar movimientos del suelo causados por deslizamientos. • Implementación de sistemas de drenaje pluvial en el área cercana a las letrinas, para desviar el agua de lluvia y prevenir inundaciones. • Realización de estudios de geología e hidrología previos para evaluar la vulnerabilidad del terreno ante deslizamientos o inundaciones y tomar medidas preventivas adecuadas.
	En la construcción considerar: • Construcción de sistemas elevados, como una plataforma elevada, en caso de inundaciones o nivel freático alto. • Instalación de un sistema de drenaje y/o derivación de aguas pluviales lejos de las letrinas o sistemas de eliminación de excretas. • Realización de estudios de permeabilidad del suelo antes de la construcción para determinar la capacidad del suelo para absorber agua y prevenir deslizamientos o inundaciones. • Ubicación de las letrinas en áreas elevadas y alejadas de zonas inundables, con una distancia adecuada de ríos y arroyos. • Construcción de zanjas de coronación en la parte superior de las letrinas para evitar la entrada de agua durante las inundaciones. • Es importante tener en cuenta que las medidas específicas pueden variar según las características del lugar y las condiciones climáticas de la región donde se realiza la construcción.
	En servicio considerar: • Realizar inspecciones y mantenimientos periódicos de los sistemas. • Monitoreo regular del nivel freático y/o de las condiciones de inundación para tomar medidas preventivas en caso de ser necesario. • Capacitación a los usuarios en el uso y mantenimiento adecuado del sistema. • Implementar sistemas de alerta temprana para prevenir posibles emergencias. • Diseñar el sistema de manera que permita una fácil limpieza periódica de los pozos y/o reubicación de los llenos. • Garantizar la correcta disposición final de los residuos sólidos generados en el proceso de eliminación de excretas. • Realizar mantenimiento a las casetas de los sistemas, garantizando su impermeabilización y reforzamiento adecuado en caso de ser necesario.

SECCIÓN IV: Estrategias de Respuestas ante Desastres Naturales para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento

La respuesta ante desastres naturales es una tarea compleja que requiere de la coordinación y participación activa de diversos actores, incluyendo autoridades locales, organizaciones de la sociedad civil y agencias internacionales. En particular, la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento es fundamental para garantizar un suministro seguro y sostenible de agua y servicios de saneamiento en las comunidades afectadas. En esta sección se presentarán algunas estrategias de respuesta ante desastres naturales para la rehabilitación de estos sistemas, así como las etapas y acciones clave que deben seguirse en el proceso de evaluación rápida de daños y necesidades.



17. Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales

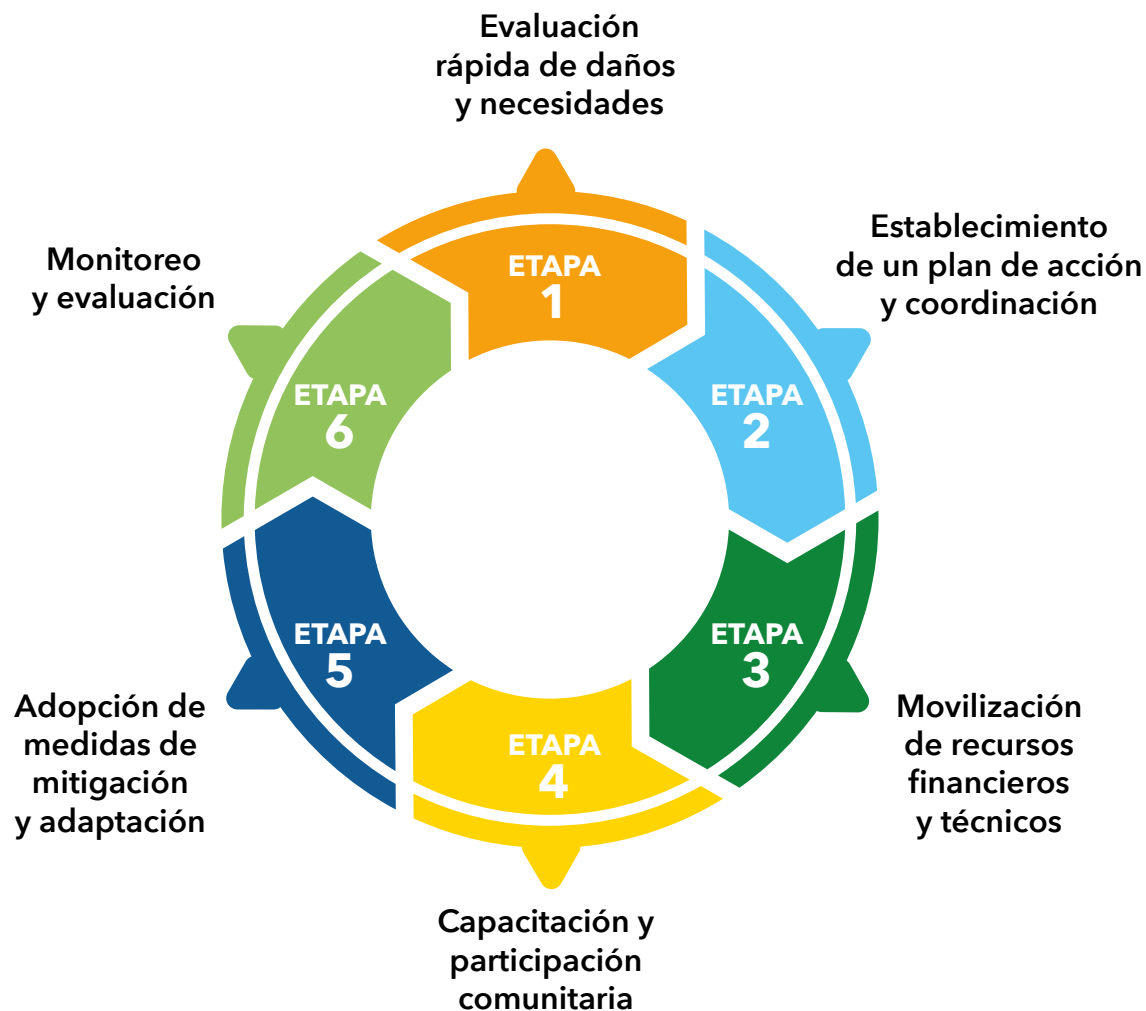
La rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento después de un desastre natural requiere seguir una serie de etapas y acciones clave que incluyen: la evaluación rápida de daños y necesidades, el establecimiento de un plan de acción y coordinación, la movilización de recursos financieros y técnicos, la capacitación y participación comunitaria, la adopción de medidas de mitigación y adaptación, y el monitoreo y evaluación periódica. Estas acciones son fundamentales para garantizar una respuesta eficiente, bien coordinada, sostenible y adaptada a las necesidades locales, que reduzca los riesgos futuros y aumente la resiliencia de los sistemas ante eventos climáticos extremos. En conjunto, estas etapas y acciones clave permiten asegurar la seguridad y el bienestar de las comunidades afectadas y garantizar una respuesta sostenible y adaptada a las necesidades locales después de un desastre natural.

Tabla 96: Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales

Etapas	Descripción
1. Evaluación rápida de daños y necesidades	Realizar una evaluación rápida de los daños sufridos por los sistemas de agua potable y saneamiento y determinar las necesidades prioritarias de las comunidades afectadas para asignar recursos de manera eficiente y priorizar las acciones de rehabilitación.
2. Establecimiento de un plan de acción y coordinación	Desarrollar un plan de acción que incluya acciones a corto, mediano y largo plazo para la rehabilitación de los sistemas, en coordinación con autoridades locales, organizaciones de la sociedad civil y agencias internacionales de apoyo, garantizando una respuesta eficiente y bien coordinada.
3. Movilización de recursos financieros y técnicos	Movilizar fondos de fuentes nacionales e internacionales y contar con personal técnico capacitado para llevar a cabo las acciones de rehabilitación de los sistemas de agua potable y saneamiento.
4. Capacitación y participación comunitaria	Involucrar activamente a la comunidad en la rehabilitación de los sistemas de agua potable y saneamiento, capacitando a líderes comunitarios, miembros de comités de agua y población en general en aspectos técnicos, de gestión y mantenimiento de los sistemas, garantizando una respuesta sostenible y adaptada a las necesidades locales.

Etapa	Descripción
5. Adopción de medidas de mitigación y adaptación	Incluir medidas de mitigación y adaptación en la rehabilitación de los sistemas de agua potable y saneamiento para reducir los riesgos futuros y aumentar la resiliencia de los sistemas ante eventos climáticos extremos. Esto puede incluir la reubicación o fortificación de infraestructuras críticas, la adopción de tecnologías más resilientes y la implementación de prácticas de conservación de cuencas hidrográficas.
6. Monitoreo y evaluación	Realizar monitoreo y evaluación periódica de las acciones de rehabilitación y reconstrucción de los sistemas de agua potable y saneamiento, identificando áreas de mejora y ajustando las estrategias de respuesta a medida que avanzan. Contar con indicadores de desempeño y sistemas de información para monitorear el progreso, garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en la utilización de recursos.

Ilustración 7: Etapas y Acciones Clave para la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales



17.1 Etapa I. Evaluación rápida de daños y necesidades

La evaluación rápida de daños y necesidades es una etapa crucial en la respuesta a desastres naturales, especialmente en el contexto de la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento. Esta etapa permite identificar y priorizar las acciones necesarias para restaurar rápidamente los servicios básicos y garantizar el bienestar de la población afectada. La evaluación rápida involucra varios aspectos, que se describen a continuación:

Tabla 97: Etapa I. Evaluación rápida de daños y necesidades

Subetapa	Descripción	Ejemplos de acciones/ elementos clave
Recopilación de información	Recopilar datos e información relacionada con el desastre (tipo, magnitud, áreas afectadas) a través de fuentes como agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, medios de comunicación y testimonios de personas afectadas.	• Consultar informes de agencias gubernamentales • Monitorear noticias y medios de comunicación • Entrevistar a personas afectadas y testigos • Revisar datos satelitales y cartográficos
Inspección de campo	Visitar áreas afectadas para evaluar directamente el daño y las necesidades. Incluye la evaluación de la infraestructura de agua potable y saneamiento, identificación de posibles riesgos para la salud pública y estimación de necesidades inmediatas de las comunidades afectadas.	• Inspeccionar sistemas de agua potable y saneamiento • Identificar riesgos sanitarios y ambientales • Evaluar la accesibilidad a recursos básicos • Estimar necesidades de refugio y atención médica
Evaluación de daños	Realizar un análisis detallado de la magnitud y el alcance de los daños causados por el desastre. Implica categorizar y cuantificar los daños en función de su gravedad y urgencia, lo que ayudará a establecer prioridades en las acciones de respuesta y rehabilitación.	• Clasificar daños por nivel de gravedad y urgencia • Cuantificar daños a infraestructuras y sistemas • Estimar costos y tiempo de reparación • Identificar áreas críticas y prioritarias
Identificación de necesidades	Identificar las necesidades más apremiantes de las comunidades afectadas. Incluye necesidades básicas como agua potable, saneamiento, alimentos, refugio y atención médica, así como necesidades a más largo plazo, como la reconstrucción de infraestructuras y la recuperación económica.	• Realizar encuestas y entrevistas a la comunidad • Identificar necesidades básicas y a largo plazo • Evaluar capacidad local para satisfacer necesidades • Establecer mecanismos de apoyo y asistencia

Subetapa	Descripción	Ejemplos de acciones/ elementos clave
Priorización de acciones	Priorizar las acciones de respuesta y rehabilitación con base en la evaluación de daños y la identificación de necesidades. Implica asignar recursos y personal a las tareas más urgentes y coordinar esfuerzos con otras organizaciones y agencias involucradas en la respuesta al desastre.	• Crear un plan de acción detallado y cronograma • Asignar recursos financieros y humanos • Coordinar con otras agencias y organizaciones • Establecer mecanismos de monitoreo y seguimiento
Comunicación y coordinación	Asegurar la comunicación y coordinación efectivas entre las partes interesadas, incluidos organismos gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, comunidades afectadas y otros actores relevantes, para garantizar una respuesta rápida y eficiente a las necesidades identificadas.	• Establecer canales de comunicación claros • Organizar reuniones y conferencias regulares • Compartir información y actualizaciones en tiempo real • Coordinar la distribución de recursos y asistencia

17.1.1 Ejemplo de formato para recopilar buenas practicas ambientales para sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al clima

El siguiente ejemplo de formato presenta un registro de Buenas Prácticas Ambientales para sistemas de agua potable y saneamiento resilientes al clima en Siguatpeque, Comayagua. La Unidad Municipal Desconcentrada Aguas de Siguatpeque es el prestador y el responsable de la operación del sistema es el Mtr. Fernando Luis Villalvir Martínez. El documento detalla eventos ocurridos, elementos del sistema afectados, daños ocurridos, acciones realizadas ante los daños y tiempos de resolución. Esta información es útil para analizar y mejorar la resiliencia y eficiencia de los sistemas de agua potable y saneamiento frente a las condiciones climáticas y otros desafíos ambientales.

Nombre del Prestador:

UNIDAD MUNICIPAL DESCONCETRADA AGUAS DE SIGUATEPEQUE

Municipio o Comunidad donde se ubica el sistema:

SIGUATEPEQUE, COMAYAGUA

Responsable de la operación del Sistema:

MTR. FERNANDO LUIS VILLALVIR MARTINEZ

Tabla 98: ejemplo de formato para recopilar buenas practicas ambientales para sistemas

Nº	Evento ocurrido	Elemento del Sistema afectado	Daño ocurrido	Acción Realizada ante el daño	Tiempo de resolución
1	Inundación	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Debido a las precipitaciones, se ha registrado el desbordamiento del Río Selguapa (Río aledaño a la PTAR), provocando el ingreso del agua del mismo a las lagunas Facultativas y de Maduración, dañando el proceso de depuración debido al volumen extra de agua y al ingreso de sedimentos y sólidos.	Limpieza y remoción manual de solidos flotantes y otros solidos arrastrados por el río (troncos de árboles, ramas, plásticos y otros).	Aproximadamente 3 meses (considerando que se requiere el desarrollo del vaciado de las lagunas para la remoción de los sedimentos acumulados)
2	Obstrucción en Obras de Captación de Fuentes Superficiales	Captaciones La Porra, El Tablón, Chamalucuar y Guaratoro	Asolvamiento en estructuras de boca toma y pretratamiento de las obras de captación de fuentes superficiales.	Desasolvamiento de estructuras de boca toma con personal del área de mantenimiento.	Aproximadamente 1 semana
3	Interrupción de suministro por precipitaciones intensas	Estaciones de Tratamiento de Agua Potable Jaime Rosenthal Oliva y Guaratoro	Alto nivel de turbidez en el agua, siendo intratable	Espera de disminución de los niveles de turbidez para continuar con el proceso de potabilización	Aproximadamente 24 horas máximo, dependiendo del tiempo de la precipitación
4	Descargas Eléctricas	Estaciones de Bombeo	Daño de equipos de protección contra descargas polo tierra, ocasionando apagado total del equipo.	Reemplazo de los accesorios	Dependiendo de daños y accesorios necesario para el reemplazo (inmediato o adquisición de accesorios)
5	Obstrucción de líneas del sistema de Alcantarillado Sanitario	Sistema de Alcantarillado Sanitario	Obstrucción de redes de atarjeas, subcolectores, colectores, interceptores y emisarios del sistema colector de alcantarillado sanitario municipal, afectando el adecuado funcionamiento del sistema de recolección y transporta.	Mantenimiento correctivo rutinario con personal institucional	Aproximadamente una semana (dependiendo de la magnitud de la problemática)

Nº	Evento ocurrido	Elemento del Sistema afectado	Daño ocurrido	Acción Realizada ante el daño	Tiempo de resolución
6	Deforestaciones en las fuentes de agua, cambio de uso del suelo y avance de la frontera agrícola	Fuentes de agua superficiales y subterráneas	Alto deterioro ambiental y degradación de los recursos naturales.	Coordinaciones interinstitucionales (ICF, UMA, Policía Nacional, Primer Batallón de Ingenieros, Ministerio Público, ONG's, entre otras) con el objetivo de realizar acciones que contribuyan en la disminución de la problemática ambiental existente.	Proceso continuo, sin límite o finalización

Nota: formulario llenado por Tammy Celeste Lezama Pineda y Lesly Raquel Argueta Castañeda

17.1.2 Formulario: Rehabilitación como respuesta inmediata por exceso de lluvias

La rehabilitación y reconstrucción de estos sistemas varía en tiempo y costo, dependiendo de la magnitud de los daños y la colaboración de actores locales y externos. Al documentar las acciones inmediatas y actividades de reconstrucción tomadas en respuesta a estos eventos, se puede mejorar la preparación y resiliencia de los sistemas de agua potable y saneamiento en el futuro.

En algunos casos la rehabilitación fue espontánea y menos costosa debido a la magnitud de los daños y a la colaboración de los actores locales presentes en la zona. Sin embargo; en otros, la demora fue mayor y necesito de la inversión tanto nacional como extranjera, hasta lograr una reconstrucción total de los daños en dichos sistemas. Por ejemplo:

Tabla 99: Formulario: Rehabilitación como respuesta inmediata por exceso de lluvias.

Rehabilitación como respuesta inmediata por exceso de lluvias				
Etapa	Daño	Acción inmediata	Actores	Tiempo de respuesta
Microcuenca	Erosión, deslizamientos. (perdida del suelo, accesos y la vegetación)	Nuevas rutas de acceso, provisionales	(Actores locales) Juntas de agua, patronatos, agentes municipales y comunidades	5 días
Obra de toma	Parcial y total.(destrucción de las obras de captación)	Embalse provisional con sacos llenos de arena y piedra. (material local)	Comunidades beneficiadas.	5 días
Línea conducción	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Uso de material disponible en las comunidades para conducir el agua a los poblados. (poliductos, tuberías de drenaje)	Fontaneros, líderes, pobladores comunitarios y corporación municipal	15 a 20 días según el impacto
Tanque de distribución / almacenamiento	Erosión cercana			
Línea de distribución	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Uso de material disponible en las comunidades para conducir el agua a los poblados. (poliductos, tuberías de drenaje)	Fontaneros, líderes, pobladores comunitarios y corporación municipal	15 a 20 días según el impacto
Red de distribución	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Limpieza de válvulas de control y llaves. Uso de material disponible en las comunidades para conducir el agua a los poblados. (poliductos, tuberías de drenaje)	Fontaneros, líderes, pobladores comunitarios y corporación municipal	15 a 20 días según el impacto
Saneamiento básico	Hundimiento por saturación del suelo.			

Reconstrucción				
Etapas	Daño	Actividad de reconstrucción	Actores	Tiempo de respuesta
Microcuenca	Erosión, deslizamientos. (perdida del suelo, accesos y la vegetación)	Procesos de legalización de la microcuenca, reforestación, gaviones, barreras vivas, entre otros.	Financiamiento nacional y externo. Asesoría de las instituciones afines al sector APS. Agentes locales y municipales. (Juntas de agua, comités de apoyo, patronatos, beneficiarios y Técnicos municipales)	6 a 12 meses
Obra de toma	Parcial y total. (destrucción de las obras de captación)	Identificación de nuevo sitio de captación y construcción total de la obra. (modificación del diseño). Barreras de retención de sedimentos. Barreras vivas y barreras muertas en los laterales de la captación.		3 meses
Línea conducción	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Estudio y diseño, cambio de ruta de las tuberías, pasos aéreos, anclajes.		3 a 4 meses
Tanque de distribución / almacenamiento	Erosión cercana	Muros de contención y canales de desagüe. Barreras vivas, barreras muertas.		30 días
Línea de distribución	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Estudio y diseño, cambio de ruta de las tuberías, pasos aéreos, anclajes		2 meses
Red de distribución	Arrastre tuberías, destrucción de cruces aéreos, rupturas por deslaves, obstrucciones	Limpieza de válvulas de control y llaves. Reemplazo de materiales y accesorios dañados		15 a 20 días según el impacto
Saneamiento básico	Hundimiento por saturación de agua en el suelo.	Construcción de nuevas letrinas		3 meses

Nota: formulario llenado por Técnicos Acueductos Rurales SANAA

17.2 Etapa II: Establecimiento de un plan de acción y coordinación

La etapa de establecimiento de un plan de acción y coordinación es crucial para asegurar una respuesta efectiva y eficiente en la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales. Esta etapa implica desarrollar un plan de acción que aborde los desafíos identificados en la evaluación rápida de daños y necesidades, y garantizar la cooperación y coordinación entre los diversos actores involucrados. La siguiente tabla resume los componentes clave de esta etapa y proporciona una visión general de los elementos importantes a considerar durante la planificación y coordinación:

Tabla 100: Sub etapa Establecimiento de un plan de acción y coordinación

Subetapa	Descripción	Elementos clave
Desarrollo del plan de acción	Creación de un plan integral que aborde los desafíos identificados	Objetivos, responsabilidades, plazos, recursos, seguimiento y evaluación
Coordinación entre actores	Cooperación efectiva entre los actores involucrados en la respuesta y rehabilitación	Comités o grupos de trabajo, cooperación entre actores
Asignación de recursos	Distribución eficiente y equitativa de recursos financieros, humanos y materiales	Movilización de fondos, asignación de recursos
Capacitación y desarrollo de capacidades	Garantizar habilidades y conocimientos adecuados para el personal y comunidades involucradas	Capacitaciones técnicas, talleres, programas de desarrollo de capacidades
Monitoreo y evaluación	Establecimiento de mecanismos para rastrear el progreso e impacto del plan de acción	Recopilación de datos, evaluaciones periódicas, retroalimentación
Comunicación y divulgación	Mantener informados a los actores interesados sobre el progreso y resultados del plan de acción	Comunicación de actualizaciones, reuniones comunitarias, informes de progreso

17.3 Etapa III: Movilización de recursos financieros y técnicos

La etapa de movilización de recursos financieros y técnicos es un componente esencial para garantizar una respuesta efectiva y eficaz en la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento tras un desastre natural. Esta etapa implica la identificación y movilización de los recursos necesarios para llevar a cabo las acciones de rehabilitación identificadas en el plan de acción. Algunos de los aspectos clave de esta etapa incluyen:

Tabla 101: Aspectos claves de la movilización de recursos financieros y técnicos

Aspecto clave	Descripción	Ejemplos de acciones
Identificación de recursos	Determinar qué recursos financieros, humanos y técnicos están disponibles y cuáles se necesitan para abordar las necesidades identificadas en la evaluación de daños y necesidades.	• Revisión de presupuestos y recursos existentes • Identificación de fuentes adicionales de financiamiento y apoyo técnico
Movilización de fondos	Buscar apoyo financiero de diversas fuentes para financiar las acciones de rehabilitación.	• Solicitar asistencia financiera de emergencia • Presentar propuestas de financiamiento a donantes • - Establecer mecanismos de financiamiento innovadores
Movilización de personal y recursos técnicos	Garantizar que el personal capacitado y los equipos necesarios estén disponibles para llevar a cabo las actividades de rehabilitación.	• Contratación de expertos y técnicos • Formación y capacitación de personal local • Adquisición de equipos y materiales
Gestión y seguimiento de recursos	Establecer sistemas de gestión y seguimiento para garantizar que los recursos movilizados se utilicen de manera eficiente y eficaz.	• Implementación de sistemas de monitoreo y evaluación • Realización de auditorías y revisiones periódicas • Adopción de medidas de transparencia y responsabilidad

17.4 Etapa IV: Capacitación y participación comunitaria

La capacitación y participación comunitaria son aspectos esenciales en la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales. La inclusión de las comunidades afectadas en el proceso garantiza una comprensión adecuada de sus necesidades y una distribución equitativa de los recursos. Además, la participación comunitaria fomenta la propiedad local y la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos de rehabilitación. A continuación, se describen algunos componentes clave de esta etapa:

Tabla 102: componentes de la capacitación y participación comunitaria

Componente	Descripción	Ejemplos / Acciones clave
Evaluación de habilidades y conocimientos locales	Identificar las habilidades y conocimientos existentes en las comunidades afectadas	• Evaluación de habilidades técnicas y de gestión en la comunidad
		• Identificación de áreas donde se requiere capacitación adicional
Diseño de programas de capacitación	Crear programas de capacitación específicos basados en la evaluación de habilidades y conocimientos locales	• Capacitación en operación y mantenimiento de sistemas de agua y saneamiento
		• Formación en gestión de recursos hídricos y medidas de prevención y respuesta a desastres
Implementación de programas de capacitación	Llevar a cabo los programas de capacitación de manera efectiva y accesible	• Uso de enfoques participativos y metodologías apropiadas
		• Inclusión de grupos vulnerables y marginados en la capacitación
Promoción de la participación comunitaria	Fomentar la participación activa de las comunidades en todo el proceso de rehabilitación	• Creación de comités de agua y saneamiento locales
		• Realización de consultas y talleres comunitarios
		• Promoción del voluntariado y la contribución en especie
Monitoreo y seguimiento	Evaluar la efectividad de los programas de capacitación y las iniciativas de participación comunitaria	• Realización de evaluaciones periódicas
		• Implementación de mecanismos de retroalimentación y mejora continua

Los temas sugeridos para las capacitaciones en el contexto de rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales podrían incluir:

Tabla 103: temas sugeridos para las capacitaciones en el contexto de rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales

Tema de capacitación	Descripción	Objetivo
Operación y mantenimiento de sistemas de agua y saneamiento	Capacitar a la comunidad en el manejo, mantenimiento y reparación de infraestructuras de agua y saneamiento.	Garantizar la continuidad del servicio y la sostenibilidad a largo plazo.
Gestión de recursos hídricos	Proporcionar conocimientos sobre la conservación, uso eficiente y protección de los recursos hídricos, así como la prevención de la contaminación.	Fomentar la conservación y el uso responsable de los recursos hídricos.
Prevención y respuesta a desastres	Instruir a la comunidad en la identificación y mitigación de riesgos, elaboración de planes de contingencia y respuesta ante desastres naturales que puedan afectar sus sistemas de agua y saneamiento.	Preparar a la comunidad para enfrentar y responder a desastres naturales de manera efectiva.
Primeros auxilios y medidas de emergencia	Capacitar a la comunidad en técnicas de primeros auxilios, evacuación y otras medidas de seguridad en caso de emergencia.	Mejorar la capacidad de respuesta de la comunidad ante situaciones de emergencia.
Higiene y salud pública	Brindar información sobre prácticas de higiene adecuadas, promoción de la salud y prevención de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento.	Promover la salud pública y prevenir enfermedades transmitidas por el agua.
Participación comunitaria y empoderamiento	Fomentar la participación activa de la comunidad en la planificación, implementación, supervisión y evaluación de proyectos de agua y saneamiento.	Empoderar a la comunidad y garantizar la sostenibilidad de los proyectos de agua y saneamiento.
Gestión de proyectos y financiamiento	Proporcionar habilidades y conocimientos en la gestión de proyectos, incluida la planificación, presupuestación, monitoreo y evaluación, así como la búsqueda de financiamiento y la movilización de recursos.	Mejorar la capacidad de la comunidad para gestionar y financiar proyectos de agua y saneamiento de manera eficiente.

Tema de capacitación	Descripción	Objetivo
Aspectos legales y regulatorios	Informar a la comunidad sobre las leyes, regulaciones y políticas relacionadas con la gestión del agua y el saneamiento, así como sus derechos y responsabilidades como usuarios.	Garantizar el cumplimiento de las leyes y regulaciones y proteger los derechos de los usuarios.
Tecnologías apropiadas y sostenibles	Capacitar a la comunidad en la selección, implementación y mantenimiento de tecnologías de agua y saneamiento apropiadas y sostenibles, teniendo en cuenta factores ambientales, sociales y económicos.	Promover la adopción de tecnologías apropiadas y sostenibles en proyectos de agua y saneamiento.
Sensibilización sobre género y grupos vulnerables	Abordar la importancia de la inclusión de género y la consideración de las necesidades de grupos vulnerables, como niños, mujeres, personas con discapacidades y poblaciones marginadas, etc.	Garantizar que los proyectos de rehabilitación de sistemas de agua y saneamiento sean inclusivos y equitativos, abordando las necesidades específicas de género y de grupos vulnerables.

17.5 Etapa V: La adopción de medidas de mitigación y adaptación

La adopción de medidas de mitigación y adaptación es una etapa crucial en la rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento ante desastres naturales. Esta etapa consiste en la implementación de estrategias y acciones que minimicen los riesgos y potencien la resiliencia de los sistemas y comunidades frente a futuros desastres. Las acciones y medidas específicas de esta etapa se encuentran detalladas en la Sección IV, titulada “Resiliencia de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante los efectos del cambio climático” del presente manual.

17.6 Etapa VI: Monitoreo y evaluación

El monitoreo y la evaluación son componentes esenciales en el proceso de rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento después de desastres naturales. Estos procesos aseguran que las acciones implementadas sean efectivas y proporcionen resultados sostenibles a largo plazo. Además, permiten identificar áreas de mejora y ajustar las estrategias según sea necesario.

17.6.1 Componentes clave del Monitoreo y Evaluación en la Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento ante Desastres Naturales

Tabla 104: Componentes del monitoreo y evaluación

Componente	Descripción
Establecimiento de indicadores y metas	Definir indicadores SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo) para medir el progreso y éxito de las acciones de rehabilitación.
Recopilación y análisis de datos	Recolectar y analizar datos relacionados con los indicadores establecidos, como calidad y cantidad del agua potable, estado de infraestructuras de saneamiento, nivel de acceso a servicios básicos y satisfacción de los usuarios.
Evaluaciones periódicas	Realizar evaluaciones periódicas, tanto internas como externas, para revisar el progreso y efectividad de las acciones de rehabilitación.
Retroalimentación y ajuste de estrategias	Utilizar los resultados del monitoreo y evaluación para proporcionar retroalimentación a los responsables de la implementación y ajustar las estrategias y acciones según sea necesario, garantizando adaptabilidad y mejora continua.
Informes y comunicación de resultados	Informar y comunicar los resultados del monitoreo y la evaluación a todas las partes interesadas, promoviendo la transparencia, responsabilidad e intercambio de conocimientos y lecciones aprendidas.

17.6.2 Indicadores SMART para evaluar el progreso y éxito en la rehabilitación de sistemas de agua y saneamiento tras desastres naturales

La rehabilitación efectiva de sistemas de agua y saneamiento después de desastres naturales requiere un enfoque estructurado y basado en evidencia. Los indicadores SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo) proporcionan un marco sólido para medir el progreso y el éxito en la implementación de acciones de rehabilitación. La siguiente tabla presenta ejemplos de indicadores SMART en cinco categorías clave, que ayudan a evaluar el impacto de las intervenciones y garantizar la adaptabilidad y la mejora continua en el proceso de rehabilitación.

Tabla 105: Indicadores SMART para evaluar el progreso y éxito en la rehabilitación de sistemas de agua y saneamiento tras desastres naturales

Categoría SMART	Indicadores de progreso y éxito en la rehabilitación
Específicos	• Porcentaje de la población con acceso a agua potable segura y confiable. • - Porcentaje de la población con acceso a servicios de saneamiento básico.
Medibles	• Reducción en el tiempo promedio de interrupción del suministro de agua tras un desastre. • Disminución en el número de enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento.
Alcanzables	• Porcentaje de infraestructuras de agua y saneamiento reparadas o reconstruidas en un plazo determinado. • Establecimiento de un número específico de comités locales de agua y saneamiento con capacitación y recursos adecuados.
Relevantes	• Aumento en la capacidad de respuesta y resiliencia de las comunidades ante desastres naturales. • Implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en los sistemas de agua y saneamiento.
Limitados en el tiempo	• Restablecimiento del acceso universal a agua potable y saneamiento básico en un plazo determinado (por ejemplo, 12 meses después del desastre). • Realización de evaluaciones periódicas de seguimiento y ajuste de las acciones de rehabilitación (por ejemplo, cada seis meses).

Glosario

A continuación, se describen las definiciones básicas aplicables para la comprensión de esta guía:

Adaptación al cambio climático: se refiere a las acciones que se llevan a cabo para minimizar los impactos negativos del cambio climático y aprovechar las oportunidades que puedan presentarse. La adaptación al cambio climático se enfoca en mejorar la capacidad de las comunidades, las ciudades, las regiones y los países para resistir y recuperarse de los efectos del cambio climático.

Agua potable: Es toda agua que, empleada para ingesta humana, no causa daño a la salud y cumple con las disposiciones de valores estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos establecidos en las normas nacionales de cada país.

Caudal: Cantidad de agua que se mide en un tiempo dado a la salida de una presa, en una sección de un río, a la entrada de tanque, o que se extrae de un pozo. Generalmente se expresa en litros por segundo (l/s), metros cúbicos por hora (m³/h) o galones por minuto (gpm).

Cloro residual: En sistemas de agua potable es el cloro remanente en el agua después de haber sido aplicado y haber reaccionado con diferentes compuestos en el agua. Su presencia en los sistemas de agua garantiza los procesos adecuados de desinfección.

Componente del sistema: Un punto, procedimiento, operación o fase en la cadena de suministro de agua.

Contaminación: La presencia en el ambiente de sustancias, elementos energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente.

Contaminante: Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Cuenca: Es un área de terreno delimitada por los bordes y las cumbres de montañas, de tal modo, que su interior tiene forma de cavidad, como un gran embudo. La cuenca recoge toda el agua de la lluvia y la transporta hacia un determinado punto a través de los ríos y quebradas.

Desastres: son eventos derivados por fenómenos naturales que causan daños significativos a la vida humana, la infraestructura, los bienes y el medio ambiente.

Fiscalización: Conjunto de acciones dispuestas por los organismos del Estado que, en uso de sus facultades legales, buscan que se cumpla la normativa y las condiciones ambientales relacionadas con el proyecto de infraestructura.

Impacto ambiental: Alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.

Medio ambiente: Sistema conformado por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida.

Microcuenca: Formada por un pequeño río o riachuelo tributario de una subcuenca, es la unidad mínima de planificación dentro de una cuenca, debido a su pequeña extensión territorial.

Mitigación: Diseño y ejecución de obras o actividades dirigidas a anular, atenuar, minimizar, o compensar los impactos ambientales negativos que un proyecto de infraestructura pueda generar sobre la calidad de vida de la población y el medio ambiente.

Prestador: Instituciones, empresas o entidades en general directamente encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistema de suministro de agua para consumo humano.

Prevención: es el conjunto de acciones y estrategias diseñadas para evitar o reducir la contaminación y los daños al medio ambiente antes de que ocurran.

Protección del medio ambiente: El conjunto de políticas, planes, programas, normas y acciones destinados a mejorar el medio ambiente y a prevenir y controlar su deterioro.

Reciclaje: es el proceso de transformar materiales ya utilizados en nuevos productos.

Reducción del Riesgo de Desastres: (RRD) es un enfoque integral para la prevención y el manejo de desastres que busca reducir la vulnerabilidad de las comunidades y las sociedades ante los riesgos naturales y humanos. Se basa en la identificación y análisis de riesgos, la planificación y la preparación para emergencias, la implementación de medidas de mitigación y la promoción de la resiliencia.

Reparación: La acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.

.....

Sistema de agua potable: Conjunto de componentes contruidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los clientes. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.

.....

Bibliografía y referencias

- CONASA. (2021). Guía metodológica para la formulación del plan estratégico intermunicipal de agua potable y saneamiento (PEIMAS). Tegucigalpa, M.D.C., Honduras, C.A.
- Echanique, P. (2005). Buenas prácticas ambientales, medio ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador.
- Espinoza, G. (2002). Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental. BID, Chile.
- Espinoza, L.R. (2012). Guía de buenas prácticas ambientales en el subsector café. Honduras.
- Global Water Partnership (GWP). (2017). Desarrollo resiliente al clima de los servicios de agua, saneamiento e higiene.
- OPS, OMS, AIDIS. (2004). Emergencias y Desastres en Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: Guía para una respuesta Eficaz. Segunda Edición.
- SANAA. (2012). Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA). Tegucigalpa, Honduras.
- Segura, D. (2011). Guía de Mitigación en Agua y Saneamiento Rural. Lima, Perú.
- SUBDERE. (2004). Guías Ambiental para Proyectos de Agua Potable. Julio 19.
- Water For Life. (2015). Guía de buenas prácticas de comunicación para operadores de agua.
- Zeballos, M. (2018). Manual para la Toma de Decisiones en Proyectos de Agua Potable y Saneamiento Básico con Infraestructura Resiliente, bajo el enfoque de reducción del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático. La Paz, Bolivia.
- ERSAPS. (2007). Procedimientos y buenas prácticas en Catastro de Redes de agua potable y Redes de alcantarillado. Tegucigalpa, Honduras.
- ERSAPS. (2007). Procedimientos y buenas prácticas en Atención al Usuario. Tegucigalpa, Honduras.
- GWP. (2021). Integración de la resiliencia climática con el fortalecimiento del sistema WASH.
- Rosmery Espinoza, L. (2012). Guía de buenas prácticas ambientales en el subsector café. Honduras.



CONASA
Consejo Nacional de Agua
Potable y Saneamiento

