UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR TAMBÁN, CANTÓN CHIMBO

AUTORES:

MARJORIE MAGALY BAÑOS OROZCO

VICTOR DANIEL SÁNCHEZ MALUSIN

DIRECTORA:

MsC. JOHANNA FERNANDA DUEÑAS DURAN

GUARANDA – ECUADOR

2026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos padres Iván Baños y Hilda Orozco, por ser el pilar fundamental en mi vida. Gracias a sus esfuerzos de cada día, su amor, cariño, dedicación y consejos hicieron realidad la culminación de esta etapa, y por enseñarme que con constancia todo se puede lograr. A Vicente Baños quien un día me dijo no te rindas y siempre me apoyo.

A mi abuelita Mercedes Pazos, por su apoyo incondicional, sus bendiciones y oraciones y brindarme su amor. A mis hermanas Yoselin, Evelin, Paola Baños y sobrinas por ser el apoyo incondicional y por estar siempre presente y apoyarme.

A mi esposo Robert Sánchez, por su amor y apoyo incondicional. Y a mis más grandes amores, mis hijos Stalin y Nour Sánchez, cada esfuerzo fue pensando en ustedes, para ser un buen ejemplo y demostrarles que todo es posible si se lucha por ello.

Gracias a Dios por hacer realidad este sueño y sé que este logro es el fruto de todo el sacrificio de mis padres.

Marjorie Magaly Baños Orozco

La presente tesis está dedicada primeramente a Dios porque Gracias a él he logrado culminar mis metas a mis padres Luis Iván Sánchez y Laura Beatriz Malusin por todo el apoyo incondicional el sacrificio que me han venido haciendo en toda su trayectoria de la vida profesional

A mis hermanas Erika Tania y Jessica por sus consejos y el apoyo que me han brindado y a mis sobrinos Sofía Alisson y Dylan y a mis abuelitos con quién compartió momentos felices por su amor y confianza y también a mis queridos amigos

Víctor Daniel Sánchez Malusin

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme tener segundas oportunidades. A mis padres, por ser Fuente inagotable de amor y perseverancia. Mi más grande agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolivar por los años de formación en la Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres.

De manera especial a mi tutora Mgtr. Johanna Dueñas, quien, con su paciencia, sabiduría y compromiso, fue un pilar fundamental en el transcurso del desarrollo de este proyecto. De manera especial al tutor de prácticas- preprofesionales Ing. Jorge Colina gracias por compartir sus experiencias y tener mucha confianza en que lograre ser una buena profesional en un futuro.

Para todos quienes formaron parte de este largo camino, admiración, lealtad y profundo respeto.

Marjorie Magaly Baños Orozco

Agradecemos infinitamente a Dios nuestro padre bendito por bendecirnos día a día por brindarnos la salud y sabiduría de cada día

A nuestros padres y familias por el eje y el ejemplo de nuestras vidas que nos han brindado. A la facultad de ciencias de la salud y de ser humano a la universidad Estatal de Bolívar por abrirnos las puertas para formarnos y fomentarnos con unas excelentes profesionales de principio y ética.

A los docentes que todo el cariño y vocación han sabido impartir sus enseñanzas a lo largo de esta carrera a nuestros amigos de la carrera de la vida por motivarnos a dar lo mejor de nosotros por regalarnos momentos inolvidables por tantas alegres compartidas

Víctor Daniel Sánchez Malusin

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 04 de junio de 2026.

La suscrita Ingeniera Johanna Fernanda Dueñas Durán MsC., directora del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: **"EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR TAMBÁN, CANTÓN CHIMBO";** realizado por los señores: **Marjorie Magaly Baños Orozco y Víctor Daniel Sánchez Malusin** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo con el reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. JOHANNA DUEÑAS.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

CERTIFICADO DEL TUTOR.

Guaranda, 29 de junio de 2026.

El suscrito Ingeniera JOHANNA FERNANDA DUEÑAS DURÁN, Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR TAMBÁN, CANTÓN CHIMBO."; realizado por los señores: **Marjorie Magaly Baños Orozco y Víctor Daniel Sánchez Malusin** ha sido debidamente revisado y se han cumplido los requisitos académicos y legales establecidos por la Universidad.

Por lo tanto, se encuentra en condiciones de proceder a la publicación correspondiente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



ING. JOHANNA FERNANDA DUEÑAS DURAN

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Marjorie Magaly Baños Orozco Victor Daniel Sánchez Malusin portadas de la Cédula de Identidad 0604890541 y 1804862579
en calidad de autoras y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación:
EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR TAMBÁN, CANTÓN CHIMBO, modalidad proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Marjorie Magaly Baños Orozco



Victor Daniel Sánchez Malusin



TEMA:

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL SECTOR TAMBÁN, CANTÓN CHIMBO.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA **2**

AGRADECIMIENTO **3**

TEMA: **7**

RESUMEN **14**

ABSTRACT **15**

INTRODUCCIÓN **16**

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO **18**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 21

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 22

1.4. JUSTIFICACIÓN 22

1.5. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECIFICOS 23

1.5.1. Objetivo General 23

1.5.2. Objetivos Específicos 23

1.6. HIPÓTESIS 23

1.7. Variables 24

1.7.1. Variable Independiente 24

1.7.2. Variable Dependiente 29

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO **30**

2.1 REFERENCIAL O GEORREFERENCIAL 30

2. Diagnóstico Biofísico 32

2.2. ANTECEDENTES 36

2.3. BASES TEÓRICAS 38

2.3.1. Definición de Deslizamiento 38

2.3.2. Definición de Movimientos de Masa 38

2.3.3. Tipos de movimientos de masa 39

2.4.1. Constitución de la Republica del Ecuador 46

2.4.2. Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD) 47

2.4.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de suelo 48

2.4.4. Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres 49

2.4.5. MARCO CONCEPTUAL (Glosario de Términos) 51

CAPITULO III. METODOLOGÍA 54

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 54

3.2. Enfoque en la Investigación 55

4. 3.2.1. Enfoque mixto: Cuantitativo- Cualitativo 55

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 55

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 56

5. Fuentes Primarias 56

Objetivo específico 1: 57

Objetivo específico 2: 57

3.4.2 Fuentes secundarias 58

3.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA 58

6. Muestra 58

3.6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOPILACIÓN DE DATOS..... 60

3.6.1. Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado..... 60

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 67

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 1..... 67

4.1.1. Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado..... 67

4.1.2. Factores Condicionantes 67

Geológico..... 71

4.1.2. Análisis de perfil geológico..... 78

4.1.3. Mapa de susceptibilidad..... 82

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 2..... 85

4.2.1. Determinar el nivel de riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado. 85

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 3..... 89

4.3.1. Elaborar estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable u alcantarillado..... 89

4.3.2. Matriz de identificación de vulnerabilidad y estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable u alcantarillado..... 131

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 194

5.1. CONCLUSIONES 194

6.1. RECOMENDACIONES 195

BIBLIOGRAFÍA 196

ANEXOS 203

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1.VARIABLE INDEPENDIENTE (DESLIZAMIENTO EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES 24

TABLA 2. VARIABLE DEPENDIENTE (INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO) 29

TABLA 3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL CANTÓN CHIMBO 30

TABLA 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE CHIMBO 31

TABLA 5. GRUPOS GEOLÓGICOS 33

TABLA 6. DESCRIPCIÓN DE SUELOS 34

TABLA 7. ZONAS CLIMÁTICAS DEL CANTÓN 36

TABLA 8. DEFINICIÓN DEL CÁLCULO DE MUESTRA 59

TABLA 9. PARÁMETRO DEL FACTOR PENDIENTE 62

TABLA 10. PARÁMETRO DEL FACTOR DE LITOLOGÍA 62

TABLA 11. PARÁMETRO DEL FACTOR DE HUMEDAD 63

TABLA 12. PARÁMETRO DEL FACTOR DE SISMICIDAD 64

TABLA 13. PARÁMETRO DEL FACTOR DE PRECIPITACIÓN 64

TABLA 14. TABLA DE RANGO DE PENDIENTE.....69

TABLA 15. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE MATERIALES DEL SECTOR TAMBAN 72

TABLA 16. TABLA DE ÁREAS CLASIFICADAS DE HUMEDAD 73

TABLA 17. TABLA DE CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE PRECIPITACIÓN 76

TABLA 18. TABLA DE PARÁMETROS DE SUELO.....78

TABLA 19. TABLA DE SUSCEPTIBILIDAD.....83

TABLA 20. ANÁLISIS DEL RIESGO EN LA RED DE AGUA POTABLE 86

TABLA 21. ANÁLISIS DEL RIESGO EN LA RED DE ALCANTARILLADO 87

TABLA 22. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA-PREGUNTA 1.....92

TABLA 23. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 2.....94

TABLA 24. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 3.....96

TABLA 25. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 4.....98

TABLA 26. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 5.....100

TABLA 27. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 6.....102

TABLA 28. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 7.....103

TABLA 29. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 8.....105

TABLA 30. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 9.....106

TABLA 31. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 10....108

TABLA 32. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 11....109

TABLA 33. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 12....111

TABLA 34. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 13....112

TABLA 35. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 14....114

TABLA 36. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 15...115

TABLA 37. REPRESENTACIÓN ESTADÍSTICA Y GRÁFICA- PREGUNTA 16....117

TABLA 38. SEGUNDO CUERPO: FORMATO DATOS BÁSICOS ENTREVISTADOS 118

TABLA 39. INFORMACIÓN DE LOS ACTORES CLAVES ENTREVISTADOS 119

TABLA 40. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....131

TABLA DE MAPAS

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....32

MAPA 2. MAPA GEOLÓGICO DEL CANTÓN CHIMBO.....34

MAPA 3. PENDIENTE DEL SECTOR TAMBAN.....68

MAPA 4. MAPA GEOLÓGICO DEL SECTORTAMBAN.....71

MAPA 5. MAPA HUMEDAD DEL SECTOR TAMBÁN.....73

MAPA 6. MAPA DE SISMICIDAD.....75

MAPA 7. MAPA DE PRECIPITACIÓN DEL SECTOR TAMBAN.....76

MAPA 8. IDENTIFICACIÓN DEL PERFIL DEL TALUD.....79

MAPA 9. MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD.....82

MAPA 10. MAPA DE RIESGOS.....88

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, cantón Chimbo, considerando la influencia de factores geotécnicos y ambientales que pueden comprometer la estabilidad del terreno y la continuidad de los servicios básicos.

Se utilizó la observación, el análisis técnico, así como la recolección y análisis de información primaria y secundaria. La localización y delimitación de áreas con riesgo de deslizamientos se realizó a través del método de Mora-Vahrson, que permite el análisis de los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos de masa. El riesgo se calculó en el programa GEO5, mediante el método de Bishop simplificado, que determina la estabilidad de taludes y el factor de seguridad de un talud, a partir de los parámetros geotécnicos del terreno, y la topografía y sismicidad del lugar, según las normativas ecuatorianas. A través de entrevistas a los técnicos de campo y encuestas a la población, se determinaron las estrategias de prevención y mitigación adecuadas para minimizar el impacto sobre la infraestructura sanitaria.

Se concluyó que en el área de estudio existen zonas con susceptibilidad a deslizamientos y diferentes niveles de exposición a procesos de inestabilidad del terreno, así como el comportamiento del talud en los posibles mecanismos de falla y el nivel de riesgo que estos representan para la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector, a partir del análisis geotécnico. Finalmente, se plantean medidas de prevención y mitigación que buscan reducir la vulnerabilidad de la infraestructura, mejorar la estabilidad del talud y la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento, para contribuir a una mejor gestión del riesgo en el sector Tambán.

Palabras clave: alcantarillado, deslizamientos, estabilidad de taludes, riesgo.

ABSTRACT

This research seeks to determine the risk of landslide to the drinking water and sewage systems in the Tambán sector Chimbo canton based on geotechnical, environmental, and other factors that influence the disruption of soil stability and basic utility services.

To achieve this, field observations, technical inspection, and, most importantly, the collection of primary and secondary information were carried out to delimit the area vulnerable to landslides according to the Mora-Vahrson methodology, which allowed the analysis of the factors conditioning or triggering mass movements to reduce the effects. The risk was calculated making use of the GEO5 software, making use of the simplified Bishop method of slope stability analysis, taking into account the geotechnical properties of the soil, topography and seismicity per Ecuadorian regulations. In addition, interviews were conducted with field technicians and surveys were administered to the local population to formulate prevention and mitigation strategies aimed at reducing potential impacts on the sanitation infrastructure.

The results revealed the presence of areas susceptible to landslides, identifying zones with varying levels of exposure to ground instability. Similarly, the geotechnical analysis determined the slope's behavior in response to potential failure mechanisms, establishing the level of risk to the drinking water and sewage infrastructure in the studied area.

Finally, prevention and mitigation strategies were proposed to reduce the vulnerability of the infrastructure, strengthen ground stability, and contribute to the sustainability of drinking water and sewage services, promoting improved risk management in the Tambán area.

Keywords: sewerage, landslides, slope stability, risk.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación está dividido en capítulos, en el I se hace la formulación del problema, se justifica y se establecen los objetivos del estudio, en el II se desarrolla el marco teórico referente a los deslizamientos y a la gestión del riesgo y en el III se trata la metodología en la que se basa la investigación. Los capítulos IV y V comprenden los resultados y su análisis y las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

La inestabilidad de laderas es un fenómeno natural considerado actualmente como uno de los principales agentes que afectan las obras de infraestructura y los servicios básicos de la población. Dentro de los procesos de inestabilidad, los deslizamientos son los más frecuentes en áreas de alto relieve con condiciones geológicas desfavorables, alteraciones antrópicas y episodios hidrometeorológicos extremos que generan vulnerabilidad en los territorios y afectan la funcionalidad de las obras de infraestructura civil.

Las redes de agua potable y alcantarillado son servicios básicos para la salud pública y el desarrollo social. No obstante, su presencia en terrenos susceptibles a los movimientos de masa puede conllevar la afectación de la infraestructura, la interrupción del servicio, pérdidas económicas y daños al medio ambiente, como consecuencia de la alteración de las condiciones del terreno.

En este sentido, el presente trabajo busca evaluar el riesgo de deslizamientos de tierra a las redes de agua potable y alcantarillado, considerando los factores condicionantes y desencadenantes que intervienen en la ocurrencia de los procesos de inestabilidad y la identificación y delimitación de áreas susceptibles, utilizando la metodología de Mora-Vahrson, la cual permite determinar diferentes grados de susceptibilidad a movimientos en masa en un área determinada.

El análisis de la estabilidad de laderas se realizó en GEO5 para determinar el riesgo de la infraestructura, a partir de la aplicación del método simplificado de Bishop que encuentra el comportamiento del suelo mediante el cálculo del factor de seguridad y posibles superficies de falla. Se propusieron medidas de prevención y mitigación del riesgo que permitan disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria y aumentar la sostenibilidad de los servicios básicos.

Con los resultados obtenidos, se pretende contribuir a la generación de insumos técnicos que sirvan para la toma de decisiones en la gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y en la implementación de medidas de prevención, que ayuden a mitigar el impacto en las infraestructuras de acueducto y alcantarillado, ante la ocurrencia de eventos asociados a deslizamientos.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los movimientos de masa como deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, flujos de lodo y reptaciones son principalmente consecuencia de la acción combinada de las fuerzas internas y externas de la tierra, fenómenos de origen natural y/o antrópico, que se presentan de manera recurrente en las zonas montañosas donde los factores de litología, geomorfología, climáticos y sísmicos tienen un rol importante para la exposición. (Geosciencies, 2024)

De acuerdo (ONU, 2010) es un derecho humano el acceso equitativo al agua potable y saneamiento como un componente esencial, siendo responsabilidad del estado de promover y proteger para el desarrollo sostenible de un país, cantón y parroquia.

En todas las regiones del mundo se ha evidenciado la capacidad destructiva de este tipo de eventos sobre las infraestructuras de servicios básicos, vitales y estratégicos. Diversos estudios y eventos documentados en países de América evidencian que este tipo de procesos geodinámicos han ocasionado afectaciones significativas.

Las características geológicas, tectónicas y climáticas de la mayor parte de América Latina, aunadas a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, hacen de los deslizamientos uno de los principales riesgos naturales de la región. El deslizamiento de Mocoa, ocurrido entre el 31 de marzo y el 1 de abril de 2017 en la ciudad colombiana de Mocoa, es un ejemplo de este tipo de fenómenos, que fueron causados por intensas lluvias que generaron deslizamientos en las cabeceras de los ríos Mocoa, Mulato y Sangoyaco, que a su vez los inundaron. Así, el alto número de víctimas y los fallos en la infraestructura y desarticulación de servicios en algunos sectores de la ciudad evidenciaron la necesidad de mejorar la planificación urbana, la gestión del riesgo y la inversión en infraestructura básica para reducir la vulnerabilidad ante este tipo de fenómenos (Castaño & Martin , 2020).

En el contexto ecuatoriano, uno de los eventos más característicos de los últimos años fue el deslizamiento ocurrido el 26 de marzo de 2023 en el sector Casual, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. El evento estuvo asociado a inestabilidad del suelo y saturación de suelos por lluvias ininterrumpidas, con graves consecuencias sociales, económicas y ambientales (SNGR, 2023). También se presentaron pérdidas humanas, daños en las edificaciones, impactos en la red vial y en los servicios públicos. A nivel estructural, los daños fueron principalmente en la red de agua potable y alcantarillado, así como la red de distribución y conducción de agua. Se evidencia la necesidad de mejorar la gestión del riesgo, el ordenamiento del territorio y la revisión de instrumentos de ordenamiento del territorio, como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y el Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS), para reducir la vulnerabilidad de la población y las infraestructuras a futuros deslizamientos (SNGR, 2023) .

Bolívar es una de las provincias con mayor vulnerabilidad a deslizamientos de tierra. La topografía y el clima son factores que agravan el problema. Un deslave de grandes proporciones destruyó viviendas y afectó a la población del sector de Tambán, junto a la quebrada Yanayacu, el 15 de febrero de 2010 (Balarezo, 2021).

La causa fue la saturación del terreno por lluvias intensas y continuas, así como la falta de un sistema de drenaje y la acumulación de agua en terrenos de la zona, que fueron determinantes para la pérdida de estabilidad de la ladera. La aparición de fisuras en casas y carreteras también fue reportada antes del evento, lo que indicaría un proceso de inestabilidad del terreno, y además de los daños materiales y los efectos sociales, se presentan daños en infraestructura básica, en los sistemas de agua potable y saneamiento. Sin embargo, este evento resalta la importancia de que se estudien los riesgos en el sector, para que se tomen medidas de prevención y mitigación que protejan la infraestructura de agua potable y alcantarillado de futuros deslizamientos (Balarezo, 2021).

De la misma manera se registran antecedentes de alertas emitidas por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos en el año 2011, para el cantón Chimbo, provincia de Bolívar, en las que se manifestaba que 36 casas podrían desplomarse a un precipicio de 400 metros de profundidad, mismo que se formó por el desprendimiento de parte del cerro, a causa de fuertes lluvias y en el mismo reporte se indica de 2 viviendas desplomadas y que expusieron a otras 13 viviendas del barrio Tambán del Cantón Chimbo. La Unidad de Gestión de Riesgos según un estudio determinó que las viviendas de ese barrio se encuentran en una zona propensa a deslizamientos de tierra (El Comercio, 2011).

Ecuador cuenta con una topografía irregular particularmente en los sectores rurales, afectando a varias infraestructuras destinadas a los servicios esenciales como es el acceso de agua potable y el sistema de alcantarillado que se encuentran amenazadas por diversos fenómenos de origen natural y antrópico (SNGRE, 2022). Entre las amenazas más frecuentes que impacta a la región interandina son los movimientos de masa, provocados por los factores condicionantes (pendiente, litología, humedad) y desencadenantes (precipitación, sismicidad), generando una susceptibilidad a deslizamientos lo que compromete a estabilidad de las infraestructuras. (INIGEMM, 2013).

La provincia de Bolívar presenta condiciones climáticas y geológicas que exponen a la susceptibilidad a movimientos de masa, especialmente en época invernal. El cantón Chimbo se encuentra ubicada a una altitud de 2450m sobre el nivel del mar, presentando varias terrazas aluviales con relieve montañoso en pendientes pronunciadas, se evidencia cuatro formaciones geológicas, la mayoría de los eventos geológicos se desarrollan por factores desencadenantes como son las altas precipitaciones en los meses de invierno durante el fenómeno de oscilación del Sur- El Niño (ENOS) (Salinas et al., 2024).

El aumento de precipitación que tiene el sector de Tamban del cantón Chimbo compromete a la infraestructura de agua potable y alcantarillado, afectando a la interrupción del servicio y daños estructurales. La exposición de las infraestructuras representa un riesgo, debido que ocasiona la interrupción en la distribución de agua segura y exponiendo a la población a enfermedades de origen hídrico y contaminando ambiental, comprometiendo así a la sostenibilidad del sector (OPS, 2021).

En el 2021 el sector Tambán se vio comprometido por un deslizamiento afectando a los moradores, infraestructuras como el sistema de alcantarillado, suministro de agua y redes eléctricas. La ausencia de estudios específicos sobre la evaluación de riesgos por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillados en sector limita la capacidad de respuesta cuando ocurre un evento adverso, lo que hace impredecible implementar medidas de prevención, mitigación y respuesta.

Por tanto, surge la necesidad de realizar una evaluación de riesgos por deslizamiento, el estudio identifica las áreas más susceptibles, el nivel de exposición, la vulnerabilidad que tiene la infraestructura de agua potable y alcantarillado, con el resultado de la evaluación se realiza un análisis para proponer medidas de mitigación y prevención que garanticen la sostenibilidad y seguridad del sistema hídrico a la comunidad.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento al que está expuesta la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, cantón Chimbo, provincia de Bolívar, y qué medidas de mitigación y prevención permitirían garantizar la continuidad de estos servicios ante la ocurrencia de este tipo de eventos?

1.3.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el nivel de riesgo por deslizamiento al que está expuesta la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, en función de la amenaza identificada?

1.4.JUSTIFICACIÓN

El presente estudio de evaluación de riesgos por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, se considera fundamental para fortalecer la sostenibilidad y operatividad del sistema de saneamiento. La identificación de las zonas susceptibles a movimientos de masa del sector permitirá orientar en la toma de decisiones ante un evento adverso y en las planificaciones futuras, la infraestructura de agua potable, al estar ubicada en terrenos inestables, está expuesta a condiciones geodinámicas que pueden poner en riesgo la estabilidad estructural y operativo. (SNGRE, 2022).

La evaluación de riesgos integra parámetros geológicos, uso del suelo, hidrológicos y geomorfológicos con finalidad de establecer los factores de amenaza y vulnerabilidad que afectan en la infraestructura. Los resultados contribuirán en estrategias de mitigación para reducir la exposición de los sistemas de agua y alcantarillado frente a eventos de movimiento de masa. Basado Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEP, 2021), los movimientos de masa en zonas andinas se encuentran relacionados a las propiedades del terreno, saturación hídrica e intervención antrópica.

La importancia de este proyecto contribuye a la gestión integral del riesgo de desastre, fomentada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) y la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Basado en (UNDRR, 2023) la reducción de riesgo en infraestructura debe tener un estudio que permita anticipar y prevenir daños para asegurar la continuidad de los servicios esenciales.

En conclusión, el estudio permite aplicar herramientas de análisis espaciales y métodos de evaluación de riesgos nacionales e internacionales, conocimientos adquiridos en la academia, fortaleciendo y contribuyendo al cantón Chimbo.

1.5. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECIFICOS

1.5.1. Objetivo General

Evaluar el riesgo por deslizamiento en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, cantón Chimbo.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado.
2. Determinar el nivel de riesgo por deslizamientos en la red de distribución de agua potable y alcantarillado del sector Tambán.
3. Elaborar estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado.

1.6. HIPÓTESIS

¿La infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán está expuesta a un riesgo alto por deslizamientos?

Afirmación

La infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, presenta un nivel de riesgo alto ante eventos de deslizamiento, determinado por la susceptibilidad geomorfológica del terreno, las precipitaciones intensas, condición que compromete la continuidad del servicio de agua potable y alcantarillado de la población por lo que requiere implementación de estrategias de prevención y mitigación.

1.7.Variables

1.7.1. Variable Independiente

Tabla 1.Variable Independiente (Deslizamiento Evaluación de susceptibilidad de Factores condicionantes y desencadenantes

Dimensión	Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa
Amenaza/ Deslizamiento	Movimiento de masas de suelo, roca o material superficial que se desplazan pendiente abajo debido a la pérdida de estabilidad del terreno. Este	**Factores condicionantes** Elementos que determinan la susceptible a movimientos de masa en un área geográfica	Litología	Aluvión grueso, calizas duras, rocas intrusivas, basaltos	1
				Rocas sedimentarias, calizas duras, rocas intrusivas	2
				Rocas sedimentarias intrusivas, lavas, rocas, tobas	3

	fenómeno puede presentarse cuando las fuerzas que generan el movimiento superan la capacidad resistente del suelo, ocasionando alteraciones en el relieve y posibles afectaciones a la infraestructura existente.		Suelo piroclástico, aluviones fluvio	4
			Limos, arenas, gracias y arcillas	5
		Geomorfología	Abrupta superficie horizontal	5
			Superficie inclinada	4
			Llanura de inundación, valle fluvial	1
			Vertiente rectilínea	3
			Coluvio- aluvial antiguo	2
		Pendiente	Horizontal	0-2

	(grados)	Suave	2,1-5
		Moderada	5,1-10
		Fuerte	10.1-20
		Moderadamente escarpada	20,1-30
		Muy escarpada	30,1-45
		Acantilada	>45
	Cobertura y uso del suelo	Relieve volcánico	2
		Relieve escalonado	3
		Área Urbana	5
		Bosque Intervenido	1
		Cuerpo de agua	1
		Vegetación arbustiva	2

			Vegetación herbácea	3
			Pastos	4
			Cultivos	4
			Suelo desnudo	5
		Humedad	Muy baja	0-4
			Baja	5-9
			Moderada	10-14
			Alta	15-19
			Muy alta	20-24
	Factores desencadenantes Eventos externos que activan el movimiento, en	Aceleración máxima (>0.50 g)	Muy alta	5
		Aceleración máxima (0.35g - 0.50 g)	Alta	4

	este caso se analizará los sismos y precipitación	Aceleración máxima (0.25g - 0.35 g)	Moderada	3
		Aceleración máxima (0.15g - 0.25 g)	Baja	2
		Aceleración máxima (<0.15g)	Muy Baja	1
		Precipitación < 125 mm	Baja	0
		Precipitación 125 – 250 mm	Media	1
		Precipitación > 250 mm	Alta	2

Nota: los datos representados en la tabla de los factores condicionantes y desencadenantes tiene como fuente la metodología (Mora, Vahrson & Mora ,1992)
Fuente: *(Barrantes & Barrantes, 2018)*.

1.7.2. Variable Dependiente

Tabla 2. Variable Dependiente (infraestructura de agua potable y alcantarillado)

Dimensión	Definición	Dimensiones	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa
Nivel de riesgo frente a deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado	Grado de pérdida o afectación esperada en los sistemas de agua potable y alcantarillado del sector Tambán ante la ocurrencia de un evento de deslizamiento	Exposición	Más de 75%	Alto	5
			Entre 40% y 75%	Moderado	3
			Menos del 40%	Bajo	1
		Nivel de riesgo	Riesgo muy alto	Muy alto	4
			Riesgo alto	Alto	3
			Riesgo medio	Medio	2
			Riego bajo	Bajo	1

Nota: los datos representados en la tabla de los factores condicionantes y desencadenantes tiene como fuente la metodología (Mora, Vahrson & Mora ,1992)
Fuente: *(Barrantes & Barrantes, 2018).*

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 REFERENCIAL O GEORREFERENCIAL

La zona de estudio está ubicada en el cantón Chimbo en la parroquia San José de Chimbo, el cual limita al norte con el cantón Guaranda, al sur y este con el cantón San Miguel, y al oeste con el cantón Montalvo, cuenta con un rango altitudinal media que va desde los 200 hasta 3300 m.s.n.m y una población de 17.406 habitantes de acuerdo al censo realizado en el año 2022, tiene una temperatura de 18 a 24° C, presentando terrazas aluviales con relieves montañosos y litología volcánica y una densidad aparente de 0.9 a1.3g/cc. (PDOT, 2023).

Tabla 3. Ubicación geográfica del cantón Chimbo

Nombre del GAD:	Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chimbo
Fecha de creación del cantón	24 de septiembre 1535
Extensión	26.452,20 hectáreas
Rango altitudinal	500 hasta 3.300 m.s.n.m
Temperatura	18 a 21°C

Nota: En la presenta tabla se indica la ubicación geográfica del lugar de estudio, información del Gad Cantonal de Chimbo, jurisdicción donde se localiza el área de estudio. Esta información fue obtenida del *(PDOT, 2023)* y constituye en referente para comprender las condiciones naturales que influyen en la dinámica territorial y en la ocurrencia de fenómenos como los movimientos en masa y deslizamientos.

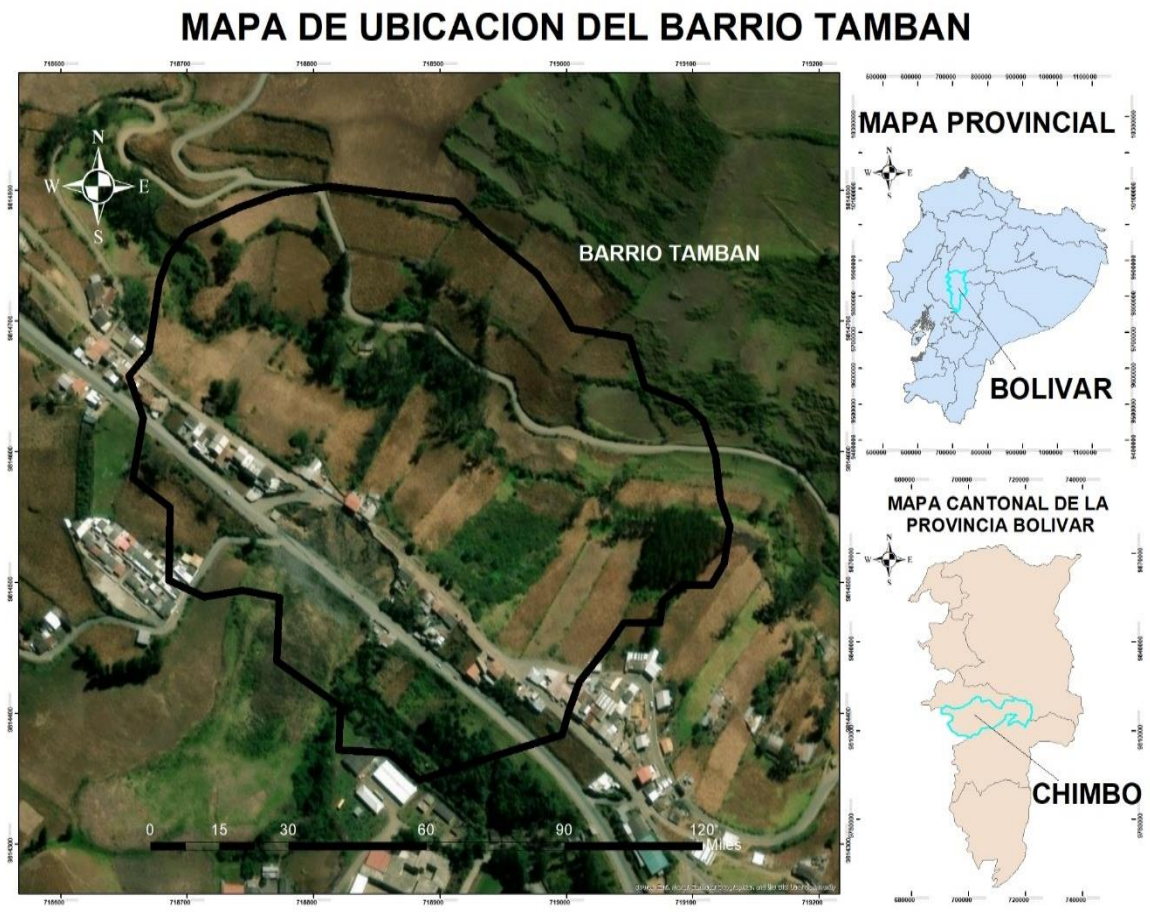
Tabla 4. Ubicación Geográfica de la parroquia San José de Chimbo

Nombre de la Parroquia:	San José
Limites	Norte: San Vicente Sur: San Sebastián Este: San Simón Oeste: La Asunción
Población	6020 habitantes
Rango altitudinal	2450 m.s.n.m
Temperatura	12 a 20°C

Nota: En la presenta tabla se indica la ubicación geográfica del lugar de estudio, información del Gad Cantonal de Chimbo dentro de las condiciones climáticas de la parroquia, caracterizadas por temperaturas entre 12 y 20°C

Fuente: (PDOT, 2023)

Mapa 1. Localización de la zona de estudio



2. Diagnóstico Biofísico

Relieve: El cantón Chimbo presenta un relieve diverso, como son las planicies zonas con terrenos débiles, planos o casi planos con pendientes del 0 al 5% ubicadas en el casco urbano, cerros con conos de deyección y pendientes de 5 a 12 %, parte de la zona topográfica montañosa entre colimando y quebradas fuertes cuenta con pendientes entre 25 a 50%, el valle posee una depresión entre montañas con pendientes fuertes y escarpados que varían del 50 a 70% (PDOT, 2023).

Geología: El cantón cuenta con varias formaciones geológicas que varias desde el pleistoceno hasta el cuaternario, presenciando material sedimentado, adicionalmente depósitos cuaternarios superficiales que forman terrazas lahares, expuesta de rocas volcánicas fuertemente meteorizadas y alteradas hidrotermalmente, identificadas por

cristales grandes de cuarzo y feldespato. La formación geología en el centro son principalmente andesíticos, al sur está compuesta por toba porfídica cuarcífera de color gris verdusco de fajas claras y oscuras, indicando sedimentación volcánico suelto con fragmentos de cuarzo (PDOT, 2023).

A continuación, se presentará los grupos geológicos en la siguiente tabla

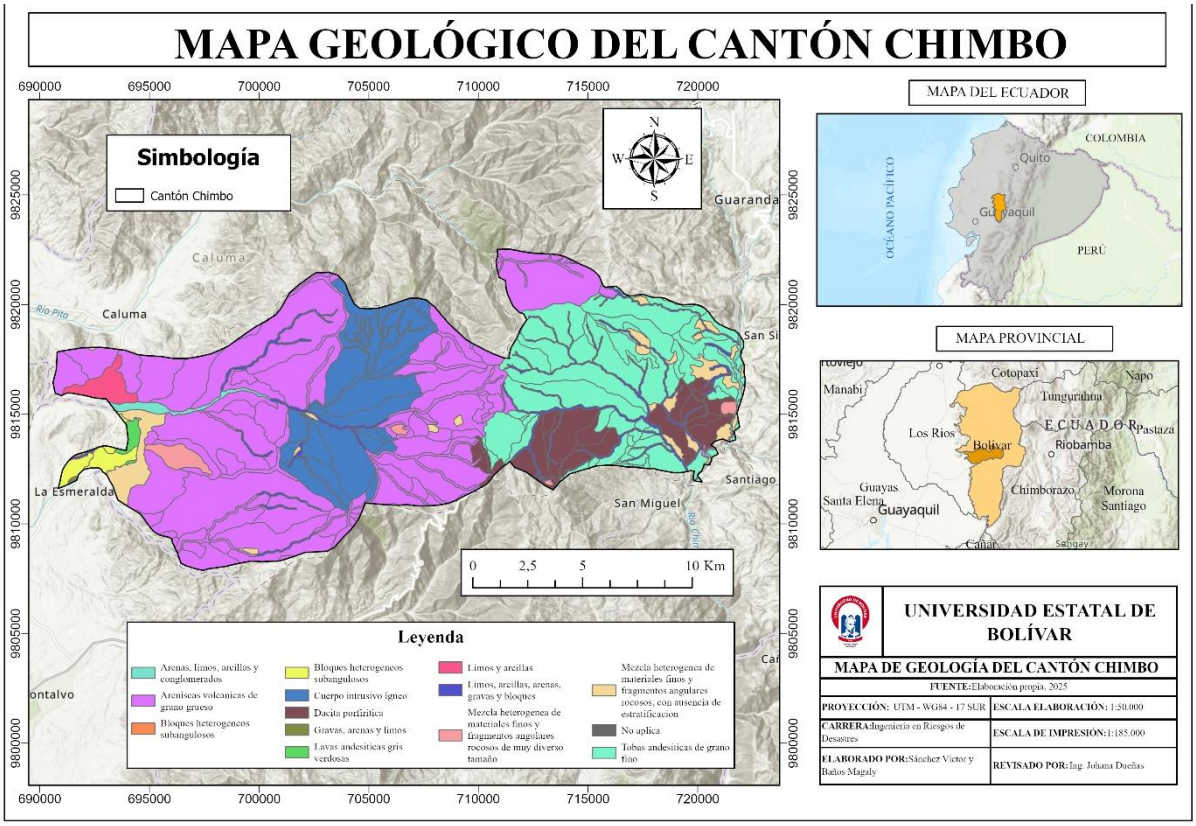
Tabla 5. Grupos Geológicos

Formación Cangahua	Plioceno -holoceno formación constituida por ceniza, lapilli y productos volcánicos, material fino endurecido con color amarillento acompañado por minerales volcánicos como son plagioclasa, piroxeno, magnetita, feldespato, augita, biotita y cuarzo
Formación Latacunga	Pleistoceno, grupos geológicos erosionado conversando conos, los volcanes se encuentren formando materiales piroclásticos sus compuestos son andesitas
Formación Volcánicos Cotopaxi	Constituidos por rocas, vulcano- clásticas, piroclastos, lahares y flujos de lava
Formación Volcánicos Pisa yambo	Depósitos de origen volcánicos, conformados por piroclásticos y flujos de lavas andesíticas
Formación Macuchi	Depósitos volcánicos y vulcano clásticos de Oligoceno-Holoceno

Nota: Las formaciones geológicas identificadas en el área de estudio son predominantes de origen volcánico y vulcano plástico, resultados de procesos eruptivos ocurridos durante distintos periodos geológicos estas unidades condicionan las propiedades físicas del suelo y la dinámica de los procesos geológicos.

Fuente: (PDOT, 2023)

Mapa 2. Mapa Geológico del Cantón Chimbo



Suelos: El cantón Chimbo presenta conjuntos de suelos H y D, mientras en el sector Telimbela presenta suelos D, L y T**.** A continuación, se presentará la descripción de suelos en la siguiente tabla

Tabla 6. Descripción de Suelos

Conjunto de Suelos H	La taxonómica es hapludolls, régimen de humedad lúdico e isotérmico, derivados de cenizas volcánicas de color negro, menos de 30 % de arcilla, con saturación del 50% y un pH ligeramente ácido, que permite el cultivo de cebada, trigo y maíz

Conjunto de Suelos D	Taxonomía con régimen de humedad isofrigido isomesico y un régimen térmico, suelo derivado de cenizas volcánicas, textura limosa y arena fina, con gran capacidad de retención de agua, saturación del 50 %, presentan ondulaciones suaves y fuertes
Conjunto de Suelos T	Suelos escasos, provenientes de materiales aluviales, ubicados cerca de ríos, cuentan con capas diversas granulometrías, capas de piedra o grava con presencia de agua, son de carácter aluvial, limosos arcilloso generalmente con cultivos de pastizales

Nota: La presente tabla describe las principales unidades de suelo identificadas en el área de estudio y su zona de influencia. Se detallan las características taxonómicas, físicas y químicas de cada conjunto de suelos, así como su origen.

Fuente: (PDOT, 2023)

Uso cobertura del suelo: El cantón Chimbo cuenta con una superficie de 26452.20 ha, de los cuales 10095 Ha se utiliza para cultivos (banano, cacao, café, caña de azúcar, claudia, mandarina, naranja), el resto del suelo se utiliza para pastizales naturales y artificiales, bosques nativos y tierras sin agropecuario. En el año 2000 se pudo observar que ha disminuido los bosques nativos, por el aumento de tala de árboles para sembrar cultivos temporales y pastizales (PDOT, 2023).

Información climática: El cantón cuenta con un clima diverso por varios factores como latitud, altitud, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, viento. A continuación, se presentará la descripción de climática en la siguiente tabla.

Tabla 7. Zonas climáticas del cantón

Cabecera parroquial	Altura	Temperatura	Precipitación
San José de Chimbo	2.480	12-14	500-750
Asunción	2.640	14-16	500-750
San Sebastián	2.470	14-16	500-750
La magdalena	2.740	14-16	750-1000
Telimbela	1.080	20-22	2000-3000

Nota: En la presente tabla muestra las principales características climáticas de las cabeceras parroquiales del cantón Chimbo, considerando variables como altitud, temperatura media y precipitación anual.

Fuente: *(PDOT, 2023).*

2.2. ANTECEDENTES

Patricia Gómez & Laura Acquaviva, (2002) en el presente estudio "Mitigación de desastres en sistema de agua potable y saneamiento" menciona que América Latina está expuesta a varias amenazas de origen natural como los movimientos de masa, exponiendo los servicios de agua y saneamiento, su enfoque es buscar estrategias de prevención y mitigación (trabajos de reforestación , remozamiento de muros de contención , estabilización de taludes) que permita reducir la vulnerabilidad, considerando que puede ocasionar una destrucción total o parcial en la infraestructura o a su vez la contaminación de agua en las áreas de captación, afectando de manera negativa la salud y el bienestar de la población.

Jessica Vásquez & Erica constante, (2023) en su estudio titulado "Propuesta de un plan de gestión de riesgos ante deslizamiento e inundaciones en la comunidad de Marianza perteneciente a la parroquia Sayausí" tiene por finalidad proponer un plan de Gestión de

Riesgos ante posibles deslizamiento e inundaciones en la comunidad de Marianza, considerando que el sector se encuentra ubicado en una zona alta en hidrología y presencia de fallas geológicas.

De acuerdo a la metodología utilizada en el estudio, fue de carácter exploratorio que permitió identificar el nivel de susceptibilidad ante deslizamiento e inundaciones mediante una investigación bibliográfica basada en el manual denominado "Lineamiento para incluir la Gestión del Riesgos de Desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial lo que permitió evaluar la vulnerabilidad de los elementos esenciales ante la ocurrencias de algún evento adverso que se presente en la localidad, PDOT de Sayausí 2018 y levantamiento de información en campo con la finalidad de diseñar mapas en el sistema de información geográfica (ARGIS).

Entre los resultados obtenidos, se evaluó la amenaza con una calificación 7, la valoración de la vulnerabilidad de la población ante la amenaza tiene una calificación de 6 y los elementos esenciales presento una calificación de 5, se estableció que el 35.24% del territorio mantiene una alta susceptibilidad ante deslizamiento (VÁSQUEZ, 2023).

En el siguiente trabajo Titulado "Evaluación de la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Echeandía Provincia de Bolívar" tiene como finalidad evaluar la amenaza de deslizamiento en la red de abastecimiento de agua, identificando las zonas vulnerables a deslizamientos con incidencia de afectación a la infraestructura , de igual manera se determinó el índice de calidad de agua con base en la metodología utilizada, el nivel de investigación descriptiva y exploratoria con un diseño no experimental, con el fin de formular un plan de contingencia ante la vulnerabilidad a deslizamiento (Andrade, 2019).

Según (José & Contreras, 1997)en su caso de estudio demoniado Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamiento, sismos y otras

amenazas naturales, mencionan resultados de vulnerabilidad cuantitativa de sistemas de agua potable y alcantarillado, mediante métodos y procedimientos con énfasis en la guía para identificar pendientes inestables, evaluación de licuefacción de suelos y acción de sismos considerando la diversidad de sus efectos en áreas extensas.

2.3.BASES TEÓRICAS

2.3.1. Definición de Deslizamiento

Proceso de remoción de masa caracterizado por el desplazamiento de materiales geológicos no consolidados y semi consolidados, incluyendo rocas, detritos y lodos. la ocurrencia del evento puede verse desencadenada por múltiples factores condicionantes y detonantes, como es la precipitación, eventos sísmicos, actividad volcánica, incremento de presión de poros asociada al agua, proceso de erosivos y alteraciones en la estabilidad de taludes derivadas de intervenciones antrópicas como la deforestación, el uso inadecuado del suelo, monopolio y el desarrollo de infraestructuras (IFRC, 2025).

2.3.2. Definición de Movimientos de Masa

De acuerdo (Ayala, 2000) a los movimientos de masa son procesos gravitaciones, movimientos descendentes de suelo, roca o combinaciones de ambos, que puede producirse mediante distintos mecanismos como son los deslizamientos, desprendimiento o flujo y velocidades variables.

Los movimientos de masa constituyen un conjunto de procesos geomorfológicos que intervienen de manera significativa en le evolución y modelación del relieve, su origen este asociado a la convergencia de múltiples factores y mecanismos de naturaleza geológica, hidrometeorológica, fisicoquímica y mecánica, los cuales actúan simultanea dentro de la corteza terrestre. (IEE, 2013)

2.3.3. Tipos de movimientos de masa

Caídas

Desplazamiento de fragmentos rocosos que ocurren con materiales compactados o semi compactados como materiales coherentes o suelos cementados con pendientes, comúnmente existe un desprendimiento de bloques, originados principalmente a partir de fracturas de tipo cuña o planar

Flujos

- **Flujo de lodo:** Proceso de remoción de masa de carácter canalizado, el desplazamiento vario de muy rápido a extremadamente rápido y conforma materiales detríticos saturados con comportamiento plástico.
- **Aluvión:** Flujo súbito de alta energía caracterizado por movilizaciones violenta de grandes volúmenes de agua mezclados con sedimento de diversa granulometría, incluyendo materiales finos y bloques rocosos de gran tamaño.

Volcamiento

Mecanismo de remoción de masa caracterizado por rotación, en sentido frontal de una o varios bloques de roca o suelo alrededor de un eje o punto de giro localizado en porción basal.

Reptación de suelo

Proceso de remoción de masa de desplazamiento extremadamente lento, en el cual no se identifica una superficie de falla definida, el movimiento ocurre generalmente a tasas del orden de pocos centímetros por año y se manifiesta sobre extensas superficies de terreno (Ministerio de Educación, 2021).

2.3.4. Gestión del riesgo de desastres

La gestión del riesgo de desastres comprende el conjunto de políticas, estrategias y acciones orientadas a prevenir, reducir y controlar los efectos ocasionados

por amenazas naturales o antrópicas sobre la población, la infraestructura y el medio ambiente. Su finalidad principal consiste en disminuir las condiciones de vulnerabilidad y fortalecer la capacidad de respuesta de los territorios frente a eventos adversos.

Siguiendo la definición de la UNDRR, la gestión del riesgo se entiende como el conjunto de procesos de planificación, organización, asesoramiento, dirección y control de la reducción de pérdidas de vidas, de bienes, de recursos económicos y del medio ambiente, que resultan de la exposición a fenómenos peligrosos (UNDRR, 2023). or tanto, la gestión del riesgo no se debe entender solo como parte de la respuesta a emergencias, sino que está orientada por acciones de prevención y mitigación que buscan reducir amenazas y vulnerabilidades.

Debido a las características de su formación, los deslizamientos son uno de los desastres naturales que más se presentan en las zonas urbanas y rurales, especialmente en aquellos lugares que presentan pendientes elevadas, una geología inestable y se ven afectados por las lluvias. Este fenómeno puede afectar en forma considerable a las obras de los sistemas de agua potable y saneamiento, provocando daños estructurales, interrumpiendo la continuidad del servicio y generando problemas de salud en la población.

Bajo el enfoque de (Cardona , 2012), la gestión de riesgo debe integrarse en procesos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, en la formulación de acciones que eviten y reduzcan la vulnerabilidad de los elementos expuestos en lugares propensos a la ocurrencia de amenazas naturales. Así, la identificación de zonas de riesgo, o el análisis de estabilidad de laderas, son herramientas que ayudan a la toma de decisiones en el proceso de evitar desastres.

En el contexto de la presente investigación, la gestión del riesgo de desastres se relaciona directamente con la evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos y la determinación de posibles afectaciones sobre la infraestructura de agua potable y alcantarillado. Por ello, el estudio incorpora metodologías de análisis geotécnico y zonificación de susceptibilidad con el propósito de contribuir a la reducción del riesgo y al fortalecimiento de la sostenibilidad de los servicios básicos (Cardona , 2012).

2.3.5. Factores condicionantes y desencadenantes de deslizamientos

La ocurrencia de deslizamientos está asociada a la interacción de diversos factores que influyen en la estabilidad del terreno. Estos elementos pueden clasificarse en factores condicionantes y factores desencadenantes, dependiendo de su influencia sobre el comportamiento geotécnico del suelo**.**

Los factores condicionantes corresponden a características propias del terreno que favorecen la susceptibilidad a movimientos de masa. La inclinación, el tipo y resistencia del suelo, la estructura geológica, la existencia de fracturas, la cubierta vegetal y el drenaje son algunos de estos factores que determinan el grado de equilibrio natural del macizo de suelo y su resistencia a las fuerzas desestabilizadoras.

Por el contrario, los factores desencadenantes son los que provocan la activación del proceso de inestabilidad. Entre ellos se encuentran la lluvia torrencial, el temblor de tierra, la erosión fluvial, las filtraciones de agua y los factores antrópicos (es decir, provocados por la actividad del hombre, como el corte de un talud, la deforestación o la sobrecarga de una estructura). Según (Quesada & Boraschi, 2018) el análisis conjunto de estos factores permite identificar sectores con diferentes niveles de susceptibilidad a deslizamientos, facilitando la planificación territorial y la implementación de medidas preventivas orientadas a reducir el riesgo.

2.3.6. Susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo

La comprensión de fenómenos asociados a deslizamientos requiere el análisis de conceptos fundamentales como susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo, debido a que estos permiten interpretar las condiciones del territorio y el grado de afectación que puede presentarse sobre la población e infraestructura expuesta.

2.3.6.1.Susceptibilidad a deslizamientos

La susceptibilidad se refiere a la predisposición natural de un área a experimentar procesos de inestabilidad o movimientos de masa, en función de las características físicas y ambientales del terreno. Este concepto permite identificar sectores donde existe mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, considerando factores como pendiente, litología, geomorfología, tipo de suelo, cobertura vegetal y condiciones hidrogeológicas**.**

Según (Quesada & Boraschi, 2018) la susceptibilidad se determina mediante el análisis integrado de factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la estabilidad del terreno, permitiendo establecer diferentes niveles de predisposición frente a fenómenos de remoción en masa. En este sentido, la susceptibilidad no implica necesariamente la ocurrencia inmediata de un evento, sino la posibilidad de que este se genere bajo determinadas condiciones ambientales o antrópicas.

En la presente investigación, la susceptibilidad fue evaluada mediante la metodología Mora–Vahrson, permitiendo identificar y delimitar zonas con distintos niveles de exposición a deslizamientos que podrían afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado**.**

2.3.6.2.Amenaza

La amenaza corresponde a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lugar determinado y durante un periodo específico. En el caso de los deslizamientos, la amenaza está relacionada con la posibilidad de que se produzcan movimientos de masa capaces de generar daños sobre personas, bienes materiales e infraestructura.

La amenaza depende tanto de la intensidad del fenómeno como de la frecuencia con que puede presentarse. Factores como precipitaciones intensas, actividad sísmica, erosión del terreno y modificaciones antrópicas pueden incrementar significativamente la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos.

De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, la amenaza constituye un elemento esencial en los estudios de gestión del riesgo, debido a que permite anticipar escenarios potenciales de afectación y fortalecer los mecanismos de prevención (UNDRR, 2023).

2.3.7. Infraestructura de agua potable

La infraestructura de agua potable comprende el conjunto de obras, equipos y sistemas destinados a la captación, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua apta para el consumo humano. Su finalidad principal consiste en garantizar el abastecimiento continuo, seguro y de calidad del recurso hídrico para satisfacer las necesidades de la población y contribuir al bienestar sanitario.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el acceso al agua potable constituye un elemento esencial para la salud pública, debido a su relación directa con la prevención de enfermedades y el mejoramiento de las condiciones de vida (OMS, 2022). En este sentido, los sistemas de abastecimiento deben trazar considerando

criterios de seguridad, sostenibilidad y capacidad activa frente a amenazas naturales y antrópicas.

La subestructura de agua potable está conformada por diferentes componentes, entre los que recalcan las fuentes de captación, líneas de conducción, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución. Estos elementos trabajan de manera completada para garantizar el suministro eficientemente del recurso hídrico hacia las viviendas y establecimientos de servicio.

Sin embargo, la ubicación de estas subestructuras en zonas con escrúpulo a deslizamientos puede incrementar su vulnerabilidad estructural y funcional. Los movimientos de masa tienen la capacidad de causar cisuras en tuberías, deslizamiento de estructuras, interrupción del servicio y pérdidas económicas, afectando directamente la persistencia del abastecimiento de agua potable en la población.

En el contexto de la presente investigación, el análisis de la subestructura de agua potable resulta relevante debido a la necesidad de identificar posibles afectaciones derivadas de procesos de desequilibrio del terreno, permitiendo establecer medidas de prevención encaminadas a garantizar la sostenibilidad del servicio.

2.3.8. Infraestructura de alcantarillado

La infraestructura de alcantarillado corresponde al conjunto de estructuras hidráulicas destinadas a la recolección, conducción, evacuación y disposición final de aguas residuales y aguas pluviales generadas dentro de una población. Su función principal consiste en proteger la salud pública y preservar las condiciones ambientales mediante el manejo adecuado de los efluentes sanitarios.

Los sistemas de alcantarillado se encuentran integrados por redes de tuberías, colectores principales, pozos de revisión, estaciones de bombeo y sistemas de descarga

o tratamiento, cuyo funcionamiento adecuado permite reducir riesgos asociados a contaminación ambiental, inundaciones y propagación de enfermedades.

Según la (OPS, 2021), Organización Panamericana de la Salud, los servicios de saneamiento forman componentes esenciales para el desarrollo urbano y la calidad de vida de la población, debido a su impuesto en el control de contaminantes y protección de recursos hídricos

No obstante, la subestructura de alcantarillado puede verse complicada cuando se localiza en sectores expuestos a fenómenos de desequilibrio del terreno. Los deslizamientos pueden incitar imperfecciones diferenciales, colapso de tuberías, obstrucciones en el flujo y daños en estructuras incrementadas, afectando la eficiencia operativa del sistema y generando riesgos ambientales y sanitarios.

Por esta razón, el análisis de vulnerabilidad de los sistemas de alcantarillado frente a deslizamientos adquiere importancia dentro de la gestión del riesgo, ya que permite identificar sectores críticos y plantear medidas de mitigación para asegurar la continuidad y sostenibilidad del servicio.

2.4. MARCO LEGAL

En el 2008 la gestión de riesgos se integró como un mandato constitucional en la Constitución de la Republica del Ecuador enfatizando en los articulo 380 y 390, considerándolo como un derecho ciudadano y un deber del estado.

A continuación, se presenta los principales artículos de la constitución que incluyen la gestión de riesgos y desastres.

2.4.1. Constitución de la Republica del Ecuador

Art. 14. La Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de las personas a desarrollarse en un entorno saludable y ambientalmente equilibrado, que favorezca el bienestar de la población y garantice condiciones adecuadas para una vida digna. Además, establece como compromiso prioritaria del Estado la protección de los recursos naturales, la preservación de los ecosistemas y la biodiversidad, así como la ejecución de acciones orientadas a prevenir los impactos ambientales negativos y originar la recuperación de las áreas que hayan doblegado procesos de degradación (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 340. La Constitución de la República del Ecuador instituye que el Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social está accedido por un conjunto de instituciones, políticas públicas, programas, servicios y normativas que actúan de manera coordinada para garantizar el cumplimiento de los derechos reconocidos constitucionalmente y contribuir al desarrollo integral del país. Este sistema abarca diversos ámbitos estratégicos, entre los que se encuentran la educación, la salud, la seguridad social, la gestión de riesgos, la vivienda, la cultura, la comunicación, la ciencia y tecnología, la seguridad humana y el transporte, entre otros, con el propósito de promover condiciones de bienestar, equidad e inclusión para toda la población (Constitución de la República del Ecuador, 2008)**.**

Art. 389. La normativa constitucional ecuatoriana establece que es responsabilidad del Estado implementar acciones destinadas a proteger a la población, las comunidades y el entorno natural frente a los impactos derivados de amenazas de origen natural o provocadas por actividades humanas. Para ello, promueve la aplicación de medidas preventivas, estrategias de mitigación, procesos de recuperación y acciones orientadas al fortalecimiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el fin de

reducir los niveles de vulnerabilidad y mejorar la capacidad de respuesta ante situaciones de desastre (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 390. La gestión del riesgo en el Ecuador se fundamenta en el principio de descentralización subsidiaria, mediante el cual cada institución es responsable de ejecutar acciones de prevención, preparación, respuesta y recuperación dentro de su ámbito de competencia territorial. No obstante, cuando los recursos técnicos, operativos o financieros de una entidad resultan insuficientes para afrontar una situación de riesgo o emergencia, los niveles superiores de gobierno deben proporcionar el apoyo necesario para fortalecer la capacidad de gestión y garantizar una intervención efectiva (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 397. La gestión del riesgo en el país se desarrolla bajo un enfoque de responsabilidad compartida y coordinación entre los diferentes niveles de gobierno. En este marco, cada institución tiene la obligación de planificar e implementar acciones orientadas a la prevención, reducción, preparación, respuesta y recuperación frente a eventos adversos dentro de su jurisdicción. Sin embargo, cuando la magnitud del riesgo o de la emergencia supera las capacidades técnicas, operativas o económicas disponibles a nivel local, las entidades con mayor alcance territorial y recursos especializados deben brindar el apoyo necesario para fortalecer la atención y garantizar una gestión eficaz del riesgo (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.4.2. Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD)

Art. 84. Los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos tienen la responsabilidad de regular y supervisar las actividades constructivas dentro de su jurisdicción, garantizando el cumplimiento de las disposiciones técnicas y normativas vigentes. Entre sus competencias se encuentra la implementación de mecanismos de

control orientados a la prevención y reducción de riesgos, con el propósito de proteger a la población, la infraestructura y el entorno frente a posibles desastres o eventos adversos (La Asamblea Nacional del Ecuador, 2015).

Art. 140. La gestión de riesgos es el conjunto de medidas encaminadas a dar aviso, reducir, atender y recuperar los efectos de una amenaza de origen natural o antrópico, mediante la participación coordinada de todos los órdenes de gobierno que realicen acciones de prevención, mitigación, atención, reconstrucción y recuperación en la fase de planeación y ejecución, en función de lo indicado en los planes, estrategias y lineamientos que emita la entidad nacional competente en la materia, con el objetivo de proteger a la población, infraestructura y territorio, ante la posible ocurrencia de un fenómeno adverso (La Asamblea Nacional del Ecuador, 2015).

2.4.3. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de suelo

Art. 11 Art. 11. Literal 3. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos tienen la responsabilidad de organizar y categorizar el territorio bajo su jurisdicción, diferenciándolo en áreas urbanas y rurales, así como de establecer los criterios para su uso y gestión. Dentro de sus competencias también se encuentra la identificación de amenazas y riesgos, tanto naturales como antrópicos, con el fin de promover un desarrollo territorial seguro y sostenible. Además, deben impulsar condiciones que favorezcan la calidad ambiental, la integración social, la seguridad ciudadana y la accesibilidad en los espacios urbanos y rurales, garantizando además la movilidad de la población y el acceso adecuado a servicios básicos esenciales. (Asamblea Nacional Ecuador, 2016).

2.4.4. Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres

Art. 3 Literal 3. La normativa relacionada con la gestión integral del riesgo de desastres establece la necesidad de desarrollar instrumentos y mecanismos orientados a identificar, prevenir y disminuir las condiciones de vulnerabilidad existentes frente a amenazas de origen natural, socio-natural y antrópico. Además, promueve el fortalecimiento de las capacidades de preparación, respuesta y recuperación ante eventos adversos, con la finalidad de proteger a la población, la infraestructura y los recursos del territorio. Estas acciones contribuyen al desarrollo sostenible y a la construcción de comunidades más seguras y resilientes frente a posibles escenarios de riesgo (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

Art. 6 Literales 1-6. La gestión integral del riesgo de desastres se desarrolla a través de una serie de técnicas conectados orientados a reducir los impactos de eventos adversos sobre la población, la infraestructura y el medio ambiente. Estos procesos comprenden la identificación, análisis, evaluación y seguimiento de los riesgos existentes, así como la implementación de medidas preventivas y de mitigación destinadas a disminuir las condiciones de vulnerabilidad.

De igual manera, incluye acciones de preparación y fortalecimiento de capacidades para afrontar situaciones de emergencia, mecanismos de respuesta inmediata ante desastres y estrategias orientadas a la recuperación de las áreas afectadas. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

Art. 9 Literales 1-8. La gestión integral del riesgo de desastres debe sustentarse en el análisis y aprovechamiento de información técnica que permita comprender las condiciones de riesgo presentes en un territorio. Para ello, la formulación y ejecución de políticas, planes, programas y proyectos requieren la recopilación, evaluación y

actualización permanente de datos relacionados con amenazas, vulnerabilidades, niveles de exposición y capacidades de respuesta de la población, la infraestructura, los bienes y el entorno natural. Asimismo, el monitoreo continuo y la generación de información constituyen herramientas fundamentales para anticipar escenarios de riesgo, facilitar la toma de decisiones y fortalecer las acciones orientadas a la prevención y reducción de posibles impactos ocasionados por eventos adversos. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

Art. 11 Literales 1-5. La mitigación del riesgo de desastres comprende el conjunto de acciones, estrategias e instrumentos de planificación orientados a reducir o controlar los efectos adversos que pueden generar las amenazas sobre la población, el medio ambiente y la infraestructura. Estas medidas buscan reducir los niveles de vulnerabilidad y mermar las posibles consecuencias derivadas de eventos peligrosos, contribuyendo a la amparo de las actividades humanas y al fortalecimiento de la seguridad territorial. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

Art. 19 Literales 1-11. Las instituciones y actores que integran el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Integral del Riesgo de Desastres tienen la compromiso de planear, coordinar y ejecutar acciones orientadas a la reducción del riesgo y la protección de la población frente a posibles eventos adversos. En el ejercicio de sus competencias, deben incorporar medidas de prevención, preparación, respuesta y recuperación que contribuyan a fortalecer la seguridad de las personas, la infraestructura y el entorno. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

Art. 57. Los diferentes niveles de gobierno y sectores competentes deben disponer de estudios técnicos que permitan identificar y evaluar las condiciones de vulnerabilidad presentes en la infraestructura, los servicios básicos y las comunidades expuestas a amenazas naturales o antrópicas. Estos análisis constituyen herramientas fundamentales para la planificación territorial y la implementación de acciones orientadas a reducir los riesgos existentes y fortalecer la capacidad de respuesta frente a posibles desastres. (Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres, 2024)

2.4.5. MARCO CONCEPTUAL (Glosario de Términos)

Afectados: Personas que resultan afectadas, directa o indirectamente, por evento peligroso, provocando impactos como lesiones, enfermedades en su estado salud, asimismo a quienes son objeto de evacuación, reubicación o desplazamiento ante el evento. (SNGRE, 2018)

Alerta: Estado formal de vigilancia y atención que establece medidas preventivas, ante la probabilidad de un evento. La alerta debe ser precisa, compresible y de fácil acceso para la población (SNGRE, 2018)

Amenaza: Factor externo, fenómeno, actividad de origen humano, que puede ocasionar pérdidas de vidas humanas, lesiones u otros efectos adversos en la salud, como daños materiales, pérdidas económicas, medios de subsistencias y servicios provocando alteraciones sociales, económicas y degradación del entorno ambiental (UNISDR, 2009).

Cambio climático: Alteración significativa en el promedio de las condiciones climáticas, las modificaciones pueden originarse a partir de procesos naturales internos del sistema climático, de variaciones en los factores de forzamiento externo,

relacionado con la compasión de la atmosfera y las trasformaciones en el uso y cobertura del suelo. (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018)

Capacidad: Integración de fortalezas, atributos y recursos existentes en una comunidad, localidad, sociedad o institución, los cuales permite ser movilizados para gestionar y disminuir los riesgos de desastres fortaleciendo la residencia (UNISDR, 2009).

Desarrollo sostenible: Modelo de progreso orientado a satisfacer las necesidades de la poblacion, impulsando el crecimiento económico, la equidad social y una gestión responsable de los ecosistemas, así como la conservación de los recursos naturales. (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018)

Exposición: Condición en la que se encuentra las personas, infraestructuras, vivienda, capacidades productivas y otros activos humanos, localizadas en áreas susceptibles a la ocurrencia de amenazas, incorporando dimensiones ambientales de los ecosistemas y socio naturales presentes en el territorio (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018).

Gestión de Riesgos de Desastres: Conjunto de políticas, enfoques y estrategias orientadas a la reducción del riesgo, cuyo objetivo es evitar la generación de nuevos escenarios de riesgos, disminuyendo los riesgos existentes y administrar el riesgo residual, el proceso permite fortalecer la resiliencia de una localidad o comunidad (UNISDR, 2009).

Infraestructuras vitales: Conjunto de obra físicas, instalaciones, sistemas, redes y demás activos esenciales que garantizan la provisión de servicios fundamentales para el normal funcionamiento social y económico de una localidad o sociedad (UNISDR, 2009).

Reducción de Riesgos de Desastres: Marco conceptual y operativo que articula acciones políticas y estrategias destinadas a disminuir las vulnerabilidades y los niveles de riesgos en una sociedad, con la finalidad de prevenir a las generaciones de nuevos riegos**.** (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018)

Resiliencia: Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a una amenaza para afrontar, absorber y adaptarse a los impactos, así como transformarse y recuperarse de manera oportuna y eficiente**.** (UNISDR, 2009)

Vulnerabilidad: Factor interno, conjunto de condiciones, características y procesos de carácter físico, social económico, y ambiental que incrementan la propensión de una persona, comunidad, bienes a sufrir impactos negativos ante la amenaza (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018)

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarca en un diseño no experimental, debido a que las variables objeto de estudio fueron analizadas en su contexto natural, sin intervención o manipulación deliberada por parte del investigador. El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el riesgo de deslizamiento y el impacto a las redes de agua potable y alcantarillado del barrio Tambán, en el cantón de Chimbo, tomando en cuenta las condiciones geotécnicas, geomorfológicas y de uso de suelo del área de estudio.

De igual manera, la investigación es de tipo descriptiva ya que se describieron las condiciones físicas del territorio, se identificaron las zonas inestables ante los deslizamientos y los elementos en riesgo. De igual manera, posee un alcance analítico, puesto que se examinó la relación entre los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa y las posibles afectaciones sobre la infraestructura de servicios básicos.

La recolección de información se realizó mediante la observación in situ, la revisión de documentación, la realización de entrevistas al personal técnico, la aplicación de encuestas a la población, la utilización de herramientas de análisis espacial y geotécnico, como la metodología Mora-Vahrson y el software GEO5 con el método simplificado de Bishop, que brindaron información confiable para la evaluación de riesgos y la formulación de estrategias de prevención y mitigación que permitan garantizar la sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento.

En consecuencia, la investigación se desarrolló bajo condiciones reales del entorno, sin modificar el comportamiento de las variables analizadas, limitándose a la observación, recopilación, procesamiento e interpretación de la información necesaria para comprender la problemática estudiada y proponer alternativas de intervención

3.2. Enfoque en la Investigación

4. 3.2.1. Enfoque mixto: Cuantitativo- Cualitativo

El presente estudio desarrolla un enfoque mixto

- **Cuantitativo**: Este enfoque nos permite medir y cuantificar la susceptibilidad a movimientos de masa mediante la aplicación de la metodología de Mora–Vahrson, la cual permitió evaluar los factores condicionantes como la litología, geomorfología, cobertura y uso del suelo, pendiente y condiciones de humedad. A cada uno de estos factores se le asignó un valor entre 1 y 5, en función de las características del suelo y su influencia en la estabilidad del terreno.
- **Cualitativo:** Con base en información técnica y parámetros de experticia, se clasifica la aceleración sísmica en baja, media y alta en la zona de estudio. Este análisis complementa la evaluación de susceptibilidad y constituye una interpretación cualitativa del comportamiento del terreno frente a la ocurrencia de deslizamientos.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se emplearon los métodos descriptivo, analítico, deductivo y de observación directa, los cuales permitieron evaluar la susceptibilidad del área de estudio frente a procesos de deslizamiento y su incidencia sobre la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

El método descriptivo permitió caracterizar las condiciones físicas, geomorfológicas y geotécnicas del sector de estudio, mediante la identificación de las propiedades del suelo, la geometría del talud y las condiciones de vulnerabilidad de la infraestructura expuesta a fenómenos de inestabilidad.

Asimismo, se aplicó el método de observación directa, a través de varias salidas de campo orientadas al reconocimiento *in situ* del área investigada, permitiendo recopilar información sobre las características topográficas, condiciones del terreno, evidencias de movimientos de masa y posibles afectaciones a los sistemas de agua potable y alcantarillado.

Por otra parte, se utilizó el método analítico, el cual permitió resolver e aclarar los parámetros geotécnicos del terreno, así como evaluar la duración del talud mediante el software GEO5, aplicando el método simplificado de Bishop para determinar el factor de seguridad y estimar el nivel de riesgo por deslizamientos.

Finalmente, el método deductivo consintió partir de fundamentos teóricos relacionados con la mecánica de suelos y la permanencia de taludes para interpretar las condiciones particulares del sector de estudio, facilitando la enunciación de estrategias de prevención y mitigación orientadas a disminuir los riesgos asociados a la inestabilidad del terreno.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos empleados en la presente investigación permitieron recopilar información primaria y técnica necesaria para el análisis de las zonas susceptibles a deslizamientos y su incidencia sobre la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

5. Fuentes Primarias

Las fuentes primarias estuvieron constituidas por la información recopilada directamente en el área de estudio, mediante observación de campo, levantamiento de datos técnicos y criterios especializados proporcionados por técnicos vinculados al reconocimiento del sector. La información obtenida permitió analizar las condiciones del terreno, el estado de la infraestructura sanitaria y los factores asociados a la ocurrencia de deslizamientos.

Objetivo específico 1:

Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado, mediante la metodología Mora-Vahrson.

Técnica: Observación directa y reconocimiento de campo.

Instrumentos de recolección de datos:

- Ficha de observación técnica.
- Registro fotográfico del área de estudio.
- Cartografía y topografía de la zona

Objetivo específico 2:

Evaluar los riesgos de deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

Técnica: Análisis técnico-geotécnico.

Instrumentos de recolección de datos:

- Software GEO5 para cálculo de estabilidad de taludes.
- Método de Bishop (simplificado).
- Propiedades geotécnicas del suelo: cohesión, ángulo de fricción, peso específico y geometría del talud.

Objetivo específico 3:

Desarrollar acciones de prevención y mitigación para la sostenibilidad de los sistemas de potable y alcantarillado.

Técnica: Encuesta y entrevista.

Instrumentos de recolección de datos:

- Cuestionario de encuesta aplicado a la población seleccionada.
- Guía de entrevista para técnicos de campo o personal responsable de la gestión de la infraestructura sanitaria.
- Registro de observaciones sistemáticas en el campo.

3.4.2 Fuentes secundarias

- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chimbo PDOT 2023
- Plan de Uso y Gestión del Suelo PUGS-2023

Los cuales contaron con información de la topografía, uso de suelo, planes de ordenamiento territorial, medio físico, medio ambiental y planes de manejo del área de estudio. La revisión de estos planes, tuvo como objetivo complementar el análisis de susceptibilidad a deslizamientos, así como reforzar la evaluación del riesgo al sistema de agua potable y alcantarillado.

3.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

El área de estudio corresponde a la parroquia San José de Chimbo, la cual cuenta con una población aproximada de 360 habitantes. Presenta un rango altitudinal promedio de 2 450 m s. n. m. y condiciones climáticas caracterizadas por temperaturas que oscilan entre 12 y 20 °C. Geográficamente, la parroquia se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes y constituye la cabecera del cantón Chimbo

6. Muestra

De acuerdo con la investigación realizada, la población parroquial es de 6020 habitantes del cantón Chimbo; de esta población, 360 habitantes pertenecen al sector

Tambán; esto constituye el área específica de análisis para el desarrollo de la presente investigación. Para la recolección de información primaria, se aplicó un muestreo estadístico considerando un margen de error del 5 %, el cual permitió definir una muestra representativa de la población. El proceso de levantamiento de información fue ejecutado por los dos investigadores responsables del estudio, garantizando la cobertura y confiabilidad de los datos obtenidos.

Se empleo un muestreo probabilístico de tipo aleatorio simple, en el cual toda la población tiene la probabilidad de ser seleccionados garantizando la objetividad del proceso.

La encuesta realizada en el sector Tamban conto con una participación total de 186 personas. La inmensa mayoría corresponde a pobladores residentes con 181 participantes, lo que representa el 97.3% de la muestra garantizando la opinión de la comunidad.

Se encuesto a 5 técnicos equivalentes al 2.7% del total. Esta participación, aunque menor en cantidad es muy valiosa para aportar una visión técnica.

Tabla 8. Definición del cálculo de muestra

Constante	Definición	Valor
N	Tamaño de la población	360
Z	Nivel de confianza 95%	1.96
P	Variabilidad positiva	0.5

Q	Variabilidad negativa	0.5
E	Error 5%	0.05
N	Tamaño de la muestra	186 habitantes

Nota: En esta tabla se representa la definición de la muestra *Fuente: Elaboración propia*

Cálculo de la muestra

El tamaño de la muestra se determinó mediante la fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 * Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 360}{360 * 0.05^2 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 186$$

3.6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RECOPILACIÓN DE DATOS

3.6.1. Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

Para el cumplimiento del Objetivo Específico 1, se aplicará la metodología de Mora-Vahrson para la valoración de la delicadeza a procesos de destitución en masa, utilizando como instrumento el mapeo mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta metodología consentirá identificar, caracterizar y elevar la susceptibilidad de los elementos esenciales del sector de Tambán, con énfasis en la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario, considerando variables físicas, geológicas y antrópicas propias del área de estudio. Asimismo, el análisis incorpora los antecedentes históricos de deslizamientos registrados en el sector, los cuales constituyen un factor determinante en la estimación del nivel de riesgo y en la toma de decisiones orientadas a la gestión preventiva.

La estimación de la susceptibilidad se realizará mediante la fórmula establecida en la metodología de Mora-Vahrson, expresada de la siguiente manera:

$$S = (Pl * Ph * P\ p) * (Ds + Dll\ )$$

En dicha expresión se integran los factores condicionantes y los factores desencadenantes característicos del sector de estudio, lo que permite estimar el grado de susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa, a partir de la interacción entre las condiciones intrínsecas del terreno y los agentes externos que pueden activar estos eventos.

Donde:

- S: grado de susceptibilidad a deslizamiento

Factores condicionantes

- Pl: valor de susceptibilidad de litología
- Ph: valor del parámetro de humedad del terreno
- Pp: valor del paramento de pendiente

Factores desencadenantes

- Ds: valor del parámetro de disparo por sismicidad
- Dll: Valor del parámetro de disparo por lluvia

En este contexto, cada uno de los elementos que consienten los factores condicionantes y desencadenantes es sometido a un proceso de calificación específica, conforme a los criterios técnicos determinados por el modelo, lo que permite encarecer la influencia relativa de cada variable en la generación de procesos de remoción en masa. La descripción detallada de las variables consideradas y de sus respectivas calificaciones se presenta en los apartados siguientes.

Factores condicionantes

- **Pendiente**

Tabla 9. Parámetro del factor Pendiente

Pendiente en grados	Calificación	Color	Valor del factor
0–2	Muy baja	Verde oscuro	0
2-4	Baja	Verde claro	1
5-8	Moderado	Amarillo	2
9-16	Mediano	Anaranjado	3
17-35	Alto	Rojo	4
35-55	Muy alta	Morado	5

Nota: La pendiente del terreno constituye uno de los factores más importantes en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos de masa, ya que influyen directamente en la estabilidad de los suelos y en la velocidad de escorrentía superficial (Mora, Vahrson & Mora ,1992)

Fuente: (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)

- **Litología**

Tabla 10. Parámetro del factor de litología

Descripción	Cuantificación	Valor del factor
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo	Bajo	1
Calizas duras permeables Rocas intrusivas, poco fisuradas, bajo nivel freático		

Basaltos, andesitas, ignimbritas		
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, poco fisuradas, Rocas intrusivas, calizas duras	Moderado	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas	Medio	3
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactados	Alto	4

Nota: Se muestra la clasificación de las unidades litológicas se fundamentas en las propiedades geomecánicas de los materiales geológicos, considerando aspectos como el grado de consolidación, alteración, fractura miento, permeabilidad y comportamiento frente a la infiltración del agua (Mora, Vahrson & Mora ,1992)

Fuente: (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)

- **Humedad**

Tabla 11. Parámetro del Factor de Humedad

Valor acumulado	Descripción	Valoración del Parámetro
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy alto	5

Nota: Se muestra la clasificación del valor acumulado corresponde a un proceso de estandarización de los parámetros evaluados mediante análisis multicriterio (Mora, Vahrson & Mora ,1992)

Fuente: (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)

Factores de disparo

- **Sismicidad**

Tabla 12. Parámetro del Factor de Sismicidad

Intensidad	Aceleraciones pico %g	Aceleración PGA	Cualificación	Valor
III	1-12	0.098-1.226	Leve	**1**
IV	13-20	1.227-2.011	Muy bajo	**2**
V	21-29	2.012-2.894	Bajo	**3**
VI	30-37	2.895-3.679	Moderado	**4**
VII	38-44	3.680-4.365	Medio	**5**
VIII	45-55	4.366-5.445	Elevado	**6**
IX	56-65	5.446-6.426	Fuerte	**7**
X	66-73	6.427-7.210	Bastante fuerte	**8**
XI	74-85	7.211-8.388	Muy fuerte	**9**
XII	>85	>8.389	Extremadamente fuerte	**10**

Nota: Se basa en la relación entre la aceleración pico de suelo pga expresada en porcentaje de gravedad (%g) (Mora, Vahrson & Mora ,1992)

Fuente: (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)

- **Precipitación**

Tabla 13. Parámetro del Factor de precipitación

Precipitación máxima mm/día	Cualificación	Factor Tp
<100	Muy bajo	1
101-200	Bajo	2

201-300	Medio	3
301-400	Alto	4
>400	Muy alto	5

Nota: Este indicador permite representar la intensidad de los eventos de lluvia extrema, los cuales influyen directamente en la infiltración del agua, la saturación del suelo y el incremento de la escorrentía superficial (Mora, Vahrson & Mora ,1992)
Fuente: (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)

3.6.2. Determinar el nivel de riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico se utilizó el software GEO5**,** herramienta especializada en análisis geotécnicos, empleada para evaluar la estabilidad del talud y determinar el nivel de riesgo por deslizamientos que podría afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado del área de estudio.

El análisis de estabilidad se realizó mediante el método simplificado de Bishop, el cual se basa en el equilibrio límite para evaluar superficies potenciales de falla de tipo circular. Este método considera la interacción de fuerzas entre las dovelas del suelo, permitiendo estimar el comportamiento del talud a través del cálculo del factor de seguridad (FS)**,** indicador que refleja la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras presentes en el terreno.

Para la modelación geotécnica en el software GEO5 se consideraron los siguientes parámetros de análisis:

- **Tipo de suelo:** La caracterización del suelo se efectuó a partir de la información geotécnica disponible del área de estudio. Según los fichas sintéticas, el terreno presenta superioridad de un suelo de tipo arenoso**,** condición que influye directamente en conducta mecánico del talud y su resistencia frente a posibles procesos de inestabilidad.
- **Factor de seguridad (FS):** El factor de seguridad constituye un parámetro esencial para evaluar la permanencia del talud, debido a que expresa la relación entre las fuerzas

resistentes del suelo y las fuerzas que generan el deslizamiento. Un valor menor a 1,0 indica una condición de inestabilidad, mientras que valores superiores reflejan un comportamiento más estable del terreno. Para la presente investigación se consideró como valor referencial FS = 1,50**,** de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para condiciones estáticas.

- **Coeficiente sísmico horizontal:** Este parámetro fue asociado considerando los lineamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014)**,** permitiendo valorar la influencia de cargas sísmicas sobre el comportamiento del talud y su estabilidad frente a posibles eventos de origen tectónico.

3.6.3. Elaborar estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable u alcantarillado

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó información obtenida mediante la aplicación de encuestas dirigidas a la población del sector Tambán y entrevistas realizadas a los técnicos responsables de los sistemas de agua potable y alcantarillado. La selección de los participantes se efectuó a través de un proceso de muestreo estadístico, con la finalidad de obtener información representativa sobre la percepción del riesgo, las afectaciones generadas por los deslizamientos y las necesidades relacionadas con la protección de los servicios básicos.

Esta información fue codificada, tabulada y analizada mediante estadística descriptiva, tablas de frecuencias y graficación de los resultados de las encuestas. En el caso de las entrevistas se utilizó un análisis de contenido, a partir de los juicios y aportes de los técnicos, que permitió identificar problemáticas, fortalezas y posibles acciones de intervención. Los resultados, complementados con los de la evaluación de la susceptibilidad y riesgo de deslizamiento, se tradujeron en la definición de medidas de prevención y mitigación orientadas a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura de agua potable y alcantarillado y a asegurar la continuidad y sostenibilidad de los servicios en el área de estudio.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 1

4.1.1. Identificar y delimitar las zonas susceptibles a deslizamientos que puedan afectar la infraestructura de agua potable y alcantarillado

Los resultados obtenidos a partir del análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando la metodología de Mora–Vahrson, permitieron identificar y delimitar las zonas con diferente grado de susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio. El mapa de susceptibilidad se obtuvo a partir de combinar los mapas temáticos de pendiente, litología, humedad, sismicidad y precipitación, los cuales fueron clasificados en baja, media y alta susceptibilidad. La alta susceptibilidad se presenta en su mayoría en zonas de alta pendiente y de litología desfavorable, en donde en algunos tramos se encuentra infraestructura de agua potable y alcantarillado, lo que los hace vulnerables ante algún movimiento en masa. Estos hallazgos constituyen un insumo fundamental para la identificación de zonas críticas y la toma de decisiones orientadas a la gestión y mitigación del riesgo.

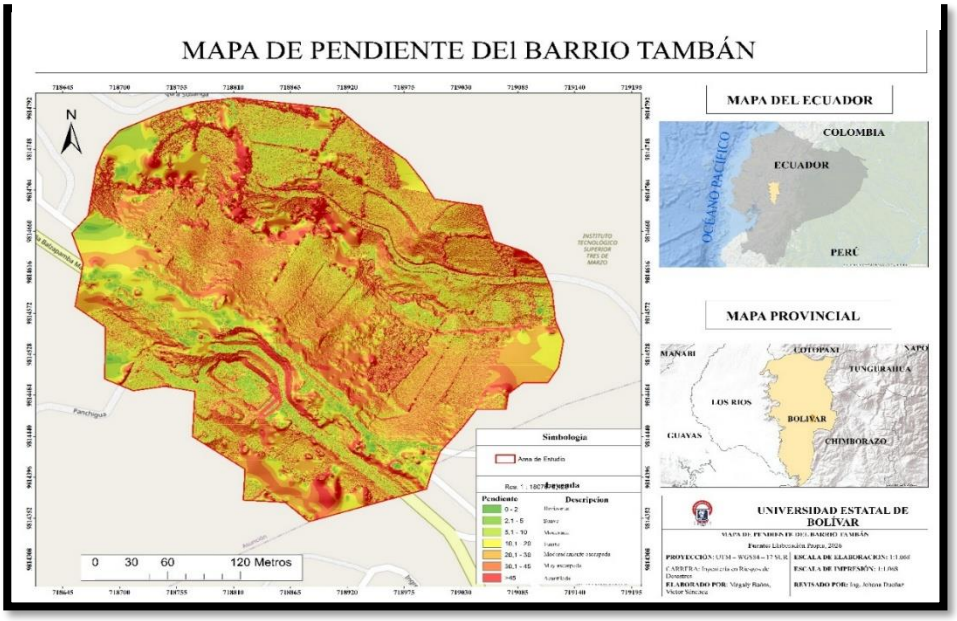
4.1.2. Factores Condicionantes

Pendiente

Para la determinación de la pendiente del terreno, se aplicó una clasificación en función de los grados de inclinación, asignando valores numéricos de susceptibilidad conforme a los criterios establecidos en la metodología empleada. Los resultados evidencian que las pendientes comprendidas entre 0 y 2° presentan una susceptibilidad muy baja, mientras que los rangos de 2 a 4° y de 5 a 8° corresponden a niveles bajo y moderado, respectivamente. Asimismo, las pendientes entre 9 y 16° y entre 17 y 35° fueron clasificadas

como de susceptibilidad media y alta, incrementándose notablemente el potencial de ocurrencia de deslizamientos. Finalmente, las áreas con pendientes entre 35 y 55° registran una susceptibilidad muy alta, constituyéndose en los sectores más críticos del área de estudio. Esta clasificación permitió identificar espacialmente las zonas con mayor predisposición a movimientos en masa y su relación con la infraestructura de agua potable y alcantarillado**.**

Mapa 3. Pendiente del SECTOR Tamban



Fuente: *Elaboración propia*

El mapa de pendientes del sector Tambán permitió caracterizar la morfología del terreno a partir de la clasificación de los rangos de pendiente en grados, asignándoles parámetros de susceptibilidad y una simbología cromática específica. Esta clasificación constituye un insumo fundamental para la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos, dado que la pendiente es uno de los factores condicionantes más relevantes en la ocurrencia de movimientos en masa.

Tabla 14. Tabla de Rango de Pendiente

Rango de Pendiente (°)	Color	Área (ha)	Porcentaje (%)	Parámetro	Nivel de Susceptibilidad
0 – 2	Verde oscuro	1,56	2,73	0	Muy baja
2 – 4	Verde claro	5,86	10,26	1	Baja
4 – 8	Amarillo	12,1	21,19	2	Moderada
8 – 16	Anaranjado	24,61	43,09	3	Media
16 – 35	Rojo	12,87	22,54	4	Alta
35 – 55	Morado	0,11	0,19	5	Muy alta

Nota: *La clasificación de pendientes se realizó a partir del análisis del Modelo Digital de Elevación (MDE) del área de estudio, establecido rangos de inclinación expresados en grados y asignando parámetros de susceptibilidad de acuerdo con su influencia en la ocurrencia de movimientos en masa.*

Fuente: *Elaboración propia*

Las áreas en verde oscuro, que tienen pendientes entre 0° y 2°, con una superficie de casi 1.56 ha que corresponde al 2.73 % del área de evaluación, tienen un parámetro 0 que representa una muy baja susceptibilidad. Estas áreas son de pendientes imperceptibles con escasas evidencias de procesos de denudación, lo que representa condiciones geomorfológicas favorables para la instalación del sistema.

Las pendientes de 2° a 4° (en color verde claro) ocupan una superficie de 5,86 ha (10,26 %) con un parámetro de 1. La zona se caracteriza por su bajo riesgo de erosión y deslizamientos de tierra, ya que la ligera inclinación del terreno sugiere que ha alcanzado cierto grado de estabilidad.

La segunda categoría, el color amarillo, corresponde a pendientes de 4° a 8° (12.10 ha, 21.19 % del total). Estas pendientes tienen un parámetro 2 en su valor y presentan signos de un mayor grado de erosión, que pueden ser más evidentes en épocas de saturación de suelo y que van perdiendo estabilidad poco a poco.

El color anaranjado representa las pendientes comprendidas entre 8° y 16°, las cuales forman el rango preponderante en el área de estudio, con 24,61 ha, equivalentes al 43,09 %, y un parámetro 3, correspondiente a una susceptibilidad media. Estas áreas presentan condiciones ablandas para la ocurrencia de deslizamientos acciónales y procesos erosivos severos,

especialmente en ausencia de cobertura vegetal adecuada, lo que incrementa el nivel de amenaza para la infraestructura existente.

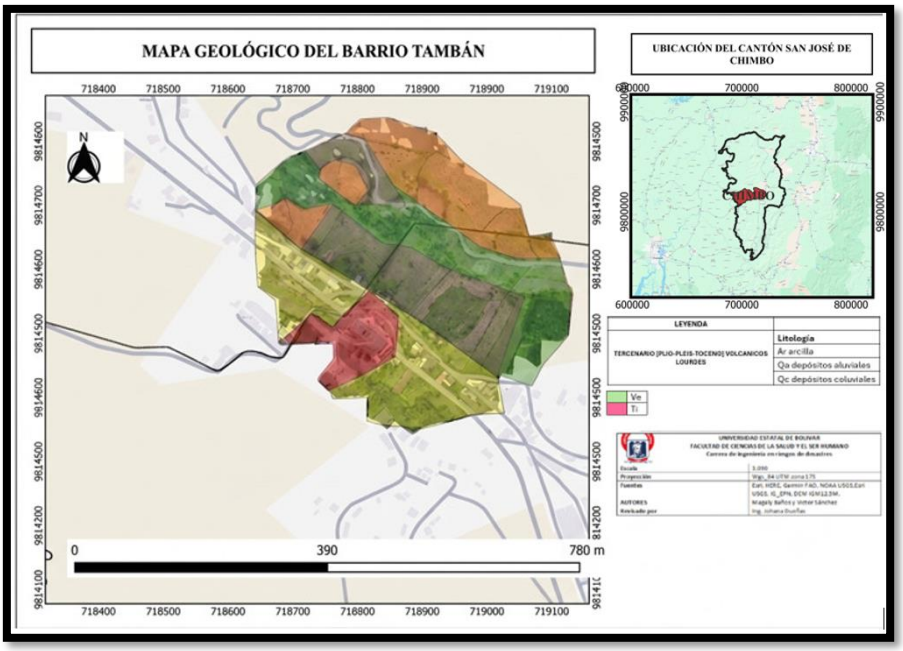
Las pendientes entre 16° y 35°, identificadas con el color rojo, abarcan 12,87 ha (22,54 %), con un parámetro 4, asociadas a una susceptibilidad alta. En estos sectores se desarrollan procesos denudacionales intensos y deslizamientos con mayor potencial de afectación, constituyéndose en zonas críticas desde el punto de vista del riesgo geomorfológico.

Finalmente, las áreas representadas en color morado, correspondientes a pendientes de 35° a 55°, ocupan una extensión reducida de 0,11 ha, equivalente al 0,19 %, con un parámetro 5, lo que indica una susceptibilidad muy alta. Estos terrenos, de gran pendiente y con afloramientos rocosos en el suelo muy inestable, son propensos a sufrir desprendimientos de tierra.

De esta manera, se observa que más del 65 % del área de estudio tiene pendientes mayores a 8°, lo que se considera una condición desfavorable desde el punto de vista geomorfológico, un alto nivel de susceptibilidad a deslizamientos y un alto nivel de exposición a los sistemas de agua potable y alcantarillado. La información puede ser utilizada en la ordenación del territorio, en la gestión del riesgo y en la implementación de medidas de mitigación estructural y no estructural.

Geológico

Mapa 4. Mapa Geológico del sectorTamban



***Fuente**: Elaboración propia*

El análisis del mapa geológico evidencia que el área de estudio se encuentra dentro de la formación Volcánicos de Lourdes. Se identificaron arcilla, deposito aluvial, deposito coluvial, todos ellos con cobertura vegetal, adicional se pudo visualizar un talud intervenido. La distribución espacial de estas unidades condiciona de manera directa el comportamiento mecánico del suelo y por ende su susceptibilidad a procesos de remoción en masa.

Tabla 15. Tabla de distribución del tipo de materiales del sector Tamban

Material	Unidad	Numero	Área ha	%
Arcilla	Ar	2	3.713	19.75%
Cobertura vegetal	Ve	3	3.914	20.82%
Deposito aluvial	Qa	4	4.531	24.10%
Deposito coluvial	Qc	5	6.643.838	35.33%
Total			18.801ha	100%

Nota: *El área de estudio está dominado principalmente por depósitos aluviales (4,531 hm), seguidos de depósitos coluviales, cobertura vegetal y arcillas meteorizadas lo que evidencia la presencia de materiales en su mayoría sueltos y poco consolidados*

Fuente: *Elaboración propia*

El talud intervenido representado en color rojo es la parte que fue afectada en el 2021 donde están realizando trabajos de rehabilitación vial. En el caso de la arcilla anaranjada meteorizada (material en disgregación, generalmente) puede presentar planos de debilidad en caso de estar meteorizada o fracturada, lo que puede dar lugar a material inestable en pendientes elevadas. Tiene menor resistencia a la compresión que los materiales no consolidados, pero en los sectores periféricos puede ser indicativo de que estos sectores tienden a ser relativamente estables, dependiendo de la intensidad de la alteración y de la pendiente.

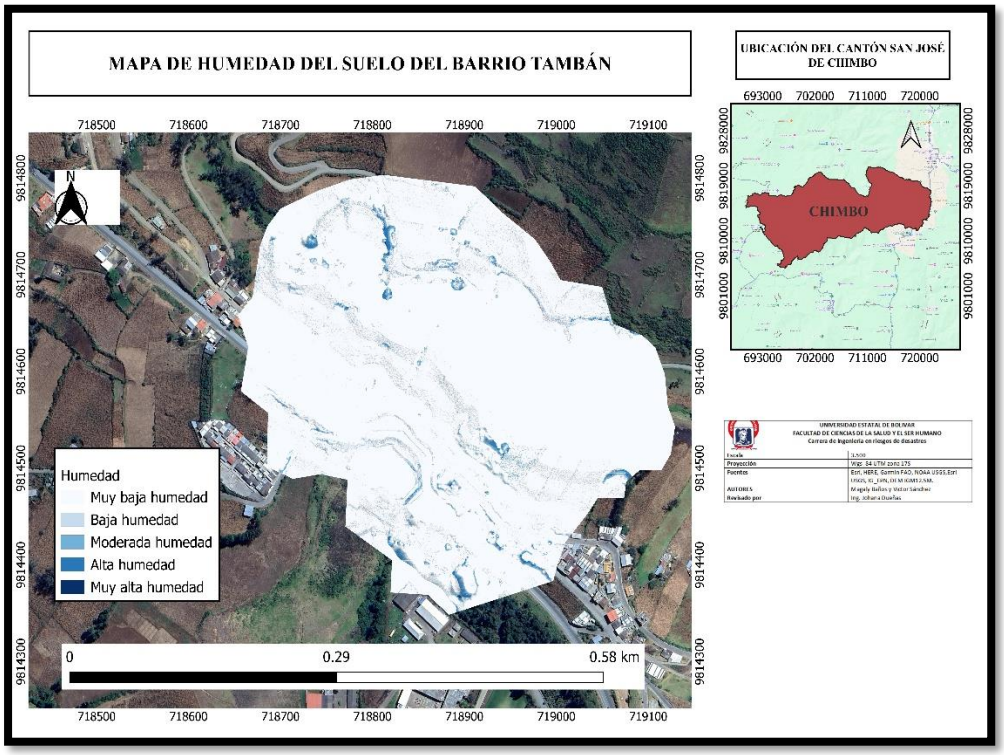
Amarrillo: Depósitos aluviales. Son zonas de acumulación de cuerpos de agua, los cuales en caso de saturación se traducen en inundaciones o aluviones. Café: Depósitos coluviales. Son acumulaciones de materiales sueltos a los pies de laderas. En la zona del sector de Tambán se aprecian los depósitos coluviales, los cuales están conformados por materiales inestables y pueden reacciona ante lluvias intensas o temblores.

La vegetación de cobertura de color verde es un estabilizador natural del suelo que detiene con sus raíces y absorbe el agua, así como también disminuye el efecto de la erosión. En la parte geológica del sector Tambán hay una mezcla de materiales consolidados y no consolidados, lo que se traduce en una diferencia entre la resistencia del terreno. El potencial de deslizamiento derivado principalmente de la presencia de depósitos aluviales y coluviales

en combinación con una pendiente media a alta es un factor incluido dentro del análisis de riesgo que permite observar la influencia que puede llegar a tener el componente geológico sobre la estabilidad del terreno y sobre la red de agua potable y alcantarillado.

Humedad

Mapa 5. Mapa Humedad del sector Tambán



Fuente: Elaboración propia

El mapa de humedad del Tambán se refiere a la distribución de los niveles de humedad del suelo en la zona de estudio. Este nivel de humedad del suelo influye en la estabilidad del terreno y en su vulnerabilidad a deslizamientos de tierra. Los niveles de humedad se agrupan en 6 categorías, que se muestran con diferentes colores en un degradé de luz a oscuro.

Tabla 16. Tabla de áreas clasificadas de humedad

Categoría	Área m	Área Ha	%
Muy alto	42.217	0,004	0.03%
Alto	810.752	0,081	0.56%

Medio	2.220.159	0,222	1.55%
Bajo	6.256.907	0,626	4.36%
Muy bajo	134.108.179	13.411	93.50%
Total		14.344ha	100%

Nota: *La distribución de la humedad evidencian un predominio de áreas clasificadas como humedades muy bajas, que abarcan aproximadamente 13,411 ha del área de estudio*

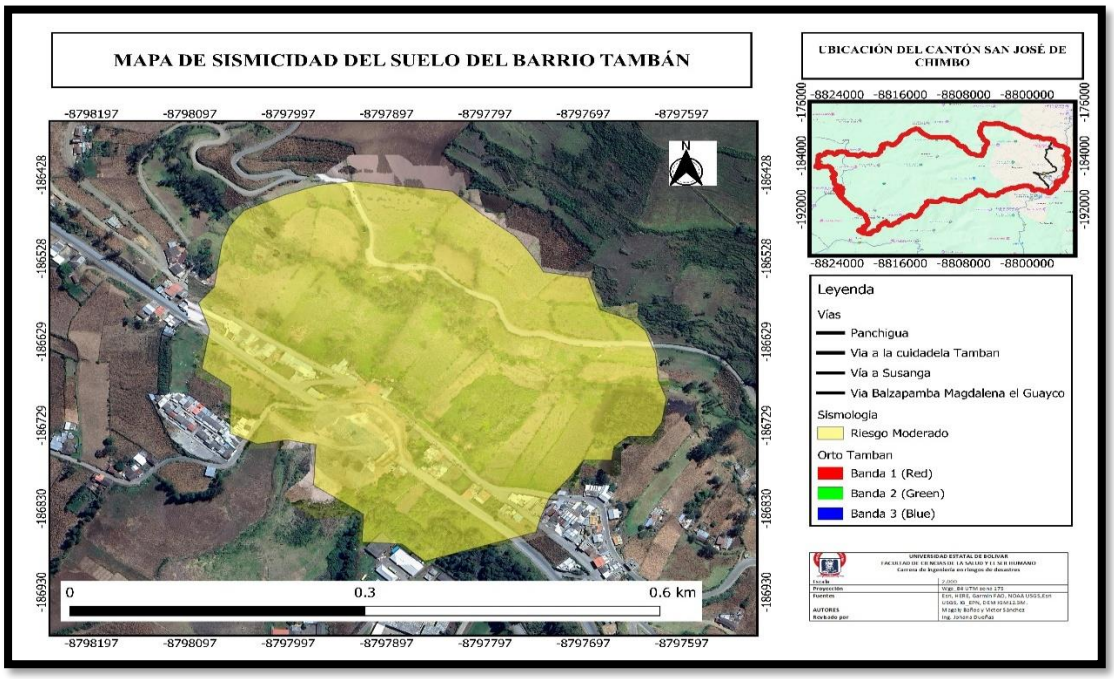
Fuente: *Elaboración propia*

Las áreas representadas con el tono más claro corresponden muy baja humedad que representa la mayor parte del sector de Tambán en la cual estas zonas presentan condiciones relativamente secas, por lo que la influencia de la humedad en la inestabilidad del suelo es mínima. Las zonas de surgimiento de agua en azul son donde el contenido de agua en el suelo aumenta la probabilidad de que el terreno se sature de agua y disminuye la estabilidad de los materiales.

Por el contrario, el azul más oscuro denota condiciones de alta saturación y, por lo tanto, baja resistencia al corte y alta probabilidad de deslizamiento, en combinación con una alta pendiente o con un material geológico no consolidado. En este sentido, es importante señalar que el 30% del área de estudio se encuentra en condiciones de humedad media a alta, por lo que este factor cobra mucha relevancia en el estudio de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra. La humedad del suelo puede contribuir a la saturación del terreno, disminuyendo la cohesión y aumentando la probabilidad de inestabilidad del terreno. En este sentido, la humedad del suelo debe considerarse junto a otros factores, como la pendiente, la litología o el uso del suelo, en el análisis de riesgo de las redes de agua potable y alcantarillado del sector Tambán. Riesgo que afecta a la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán.

Sismicidad

Mapa 6. Mapa de Sismicidad



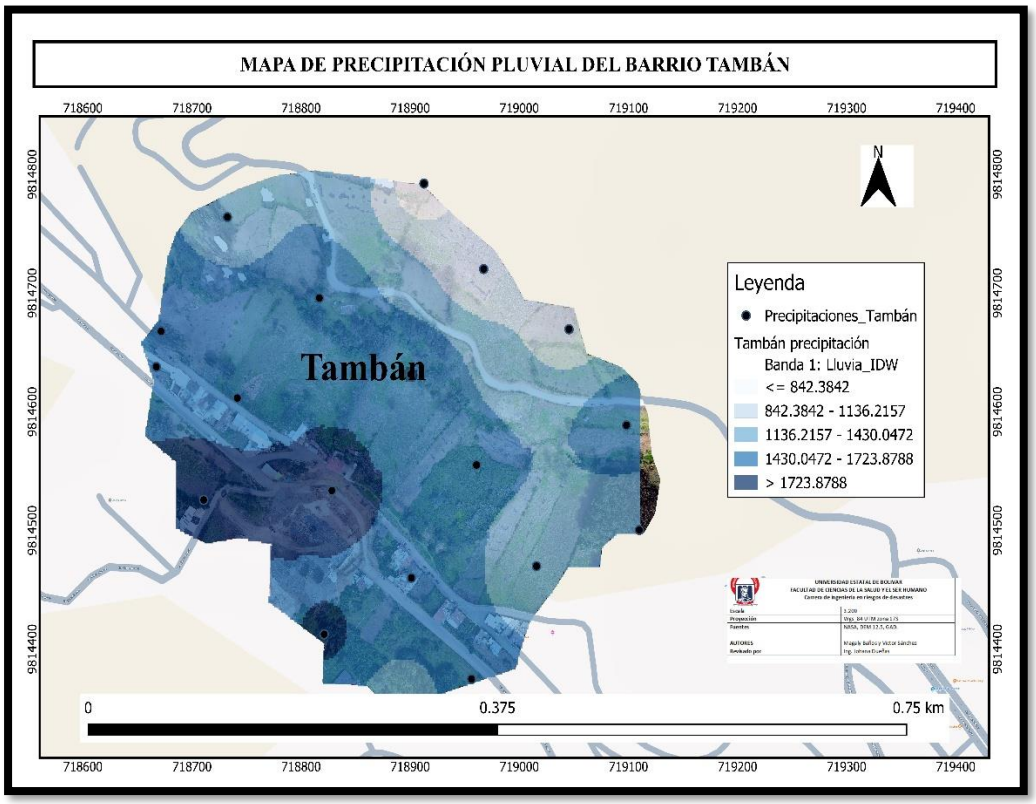
Fuente: Elaboración propia

El mapa de sismicidad del sector Tambán muestra la distribución espacial de la intensidad sísmica esperada, se tomó en cuenta el mapa del peligro sísmico de 475 años del IGM en la cual se identificó que el sector de Tambán se encuentra en un nivel de riesgo moderado con un pga de 0,31 exactamente.

Toda la parte del área de estudio se encuentra representada en color amarillo, correspondiente al mapa del peligro sísmico del Ecuador esto implica una mayor percepción del movimiento sísmico y un incremento moderado en la energía liberada, lo que podría contribuir a la desestabilización de suelos en condiciones previamente vulnerables, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas o alta saturación de humedad. El sector Tambán se encuentra bajo condiciones de riesgo moderado ante sismos, si bien la sismicidad no es el factor predominante en la generación de deslizamientos, pero sí puede actuar como un elemento desencadenante en combinación con otros factores condicionantes.

Precipitación

Mapa 7. Mapa de Precipitación del sector Tamban



Fuente: *Elaboración propia*

El mapa de precipitación del sector Tambán permite identificar la distribución espacial de los niveles de precipitación media anual dentro del área de estudio, factor que influye significativamente en la generación de procesos de inestabilidad del terreno. La precipitación constituye uno de los principales factores desencadenantes de deslizamientos, debido a que el agua infiltrada en el suelo incrementa el peso de los materiales y reduce su resistencia al corte.

Tabla 17. Tabla de clasificación de categorías de precipitación

Categoría	Área ha	%
Muy Bajo	0,398	2.80%
Bajo	0,864	6.08%
Medio	2.613	18.39%
Alto	4.806	33.82%

Muy alto	5.530	38.91%
Total	14.211	100%

Nota: *La distribución espacial de la precipitación muestra un predominio de las categorías altas y muy altas, con superficies de 4,806 ha y 5,530 ha, respectivamente, lo que evidencia una importante influencia de las lluvias en el área de estudio*

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con la clasificación establecida en el mapa, se identifican siete rangos de precipitación, representados mediante una degradación de colores que va desde tonos claros, que indican menores valores de precipitación, hasta tonos más oscuros que reflejan niveles más elevados.

Las zonas representadas con el tono más claro corresponden al rango de precipitación menor a 758, 4323 mm, estas áreas a las afueras del sector y presentan una menor incidencia de precipitaciones, por lo que el efecto del agua sobre la saturación del suelo es relativamente reducido.

El segundo rango corresponde a valores de precipitación entre 758,4323 y 968,3120 mm son zonas que se distribuyen en el sector centro-norte del área de estudio y presentan un incremento moderado en la cantidad de lluvia, lo que puede comenzar a influir en los procesos de infiltración del suelo.

El rango de 968,3120 a 1178,1916 mm y 1178,1916 a 1388,0713 mm, se localiza principalmente en las afueras del sector. En estos sectores la precipitación alcanza valores intermedios, lo que puede favorecer la acumulación de humedad en el suelo, especialmente en áreas donde coinciden pendientes moderadas o materiales geológicos poco consolidados.

Las áreas con precipitaciones entre 1388,0713 a 1597,9510 y 1597,9510 a 1807,8307 mm, consideradas altas se ubican principalmente en la zona centro-sur del SEC. En estos sectores, el aumento de las lluvias puede provocar un aumento de la infiltración, el aumento de la saturación del suelo y, por lo tanto, una mayor posibilidad de inestabilidad del mismo. El rango mayor a 1807.8307 mm, considerado muy alto y correspondiente al parámetro 5, se

ubica en el centro del área de estudio. Debido a la alta pluviosidad, estas zonas tienen un alto potencial de saturación del suelo y deslaves, en un contexto de pendientes pronunciadas y de materiales geológicos poco consolidados.

El mapa evidencia un gradiente de precipitación que aumenta progresivamente desde el norte hacia el sur del sector Tambán. Esta distribución indica que los sectores ubicados en la parte sur presentan condiciones más favorables para la ocurrencia de deslizamientos, debido a la mayor acumulación de agua en el suelo.

4.1.2. Análisis de perfil geológico

La evaluación de la estabilidad del talud se desarrolló mediante el método de equilibrio límite, empleando el método simplificado de Bishop implementado en el software GEO5. Este enfoque asume una superficie potencial de falla de geometría circular y satisface el equilibrio de momentos globales, considerando la interacción entre dovelas a través de las fuerzas normales efectivas, mientras que desprecia las fuerzas cortantes interslice.

Parámetros del suelo

Tabla 18. Tabla de Parámetros de Suelo

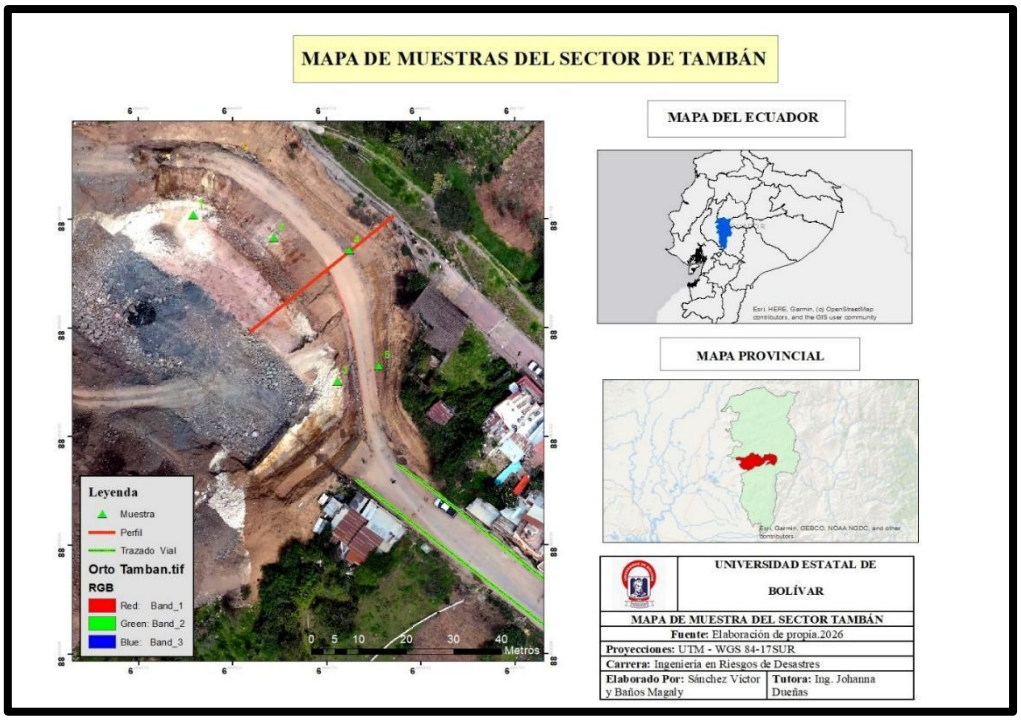
Parámetros	Símbolo	Valor
Peso unitario	Γ	15.00 kN/m³
Ángulo de fricción	$_{\varphi}ef$	27.00º

Cohesión	c_{ef}	16.00 kPa

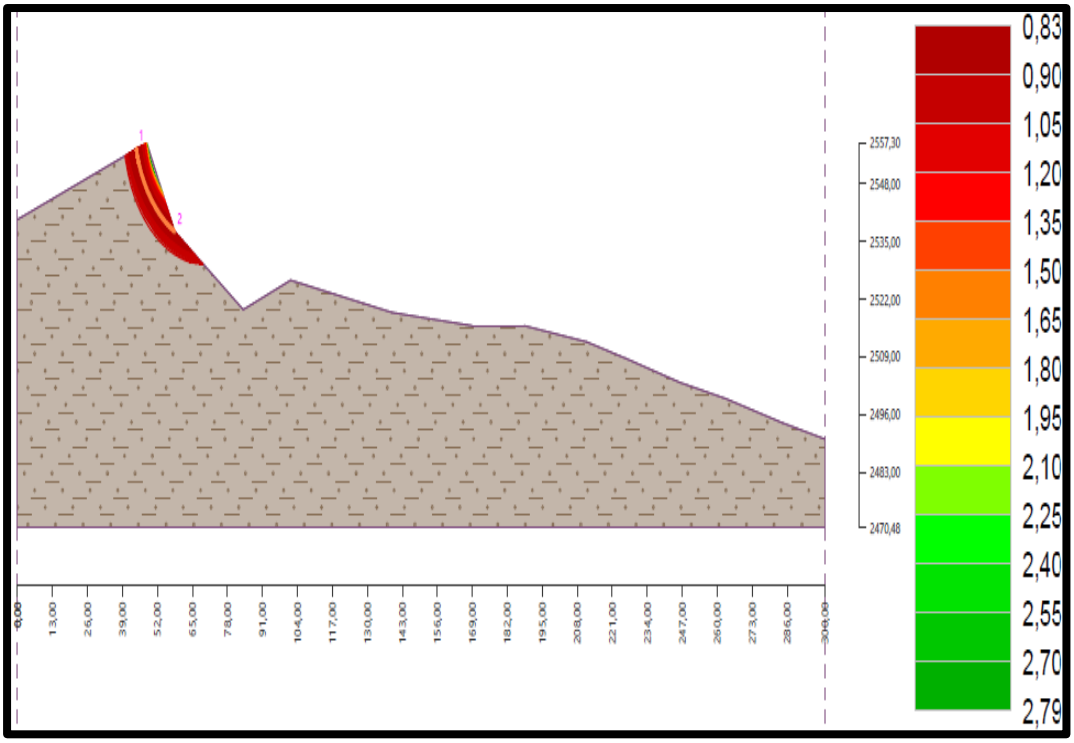
Nota: *Los parámetros geotécnicos presentados corresponden a propiedades mecánicas del suelo utilizadas para el análisis de estabilidad de taludes y evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos*

Fuente: *Elaboración propia*

Mapa 8. Identificación del perfil del talud



Nota: La figura muestra el talud del sector Tambán y el perfil.
Fuente: Elaboración propia



Nota: La figura muestra el talud del sector Tambán y el perfil.
Fuente: Elaboración propia

$$FS = \frac{Mp}{Ma} = \frac{23078.24}{27672.21} = 0.83$$

La estabilidad del talud fue evaluada mediante el método simplificado de Bishop utilizando el software GEO5. El análisis se efectuó considerando una superficie potencial de falla circular obtenida a través del procedimiento *grid search*, el cual permite identificar la superficie crítica asociada al menor factor de seguridad.

Los resulta enidos del análisis son los siguientes:

- Fuerzas activas totales (Fa): 969,93 kN/m
- Fuerzas resistentes totales (Fp): 808,91 kN/m
- Momento deslizante (Ma): 27672,21 kNm/m
- Momento resistente (Mp): 23078,24 kNm/m

- Factor de seguridad global (FS): 0,83

El método de Bishop establece que la estabilidad del talud depende de la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras presentes en la masa de suelo. El valor obtenido del factor de seguridad (FS = 0,83) es inferior a la unidad, lo cual indica un talud inestable.

Desde el punto de vista geotécnico, esta condición representa un estado de inestabilidad, debido a que:

- Las fuerzas activas superan a las fuerzas resistentes (Fa > Fp).
- El momento deslizante es mayor que el momento resistente (Ma > Mp).
- La superficie crítica de falla presenta un mecanismo rotacional potencialmente activo.

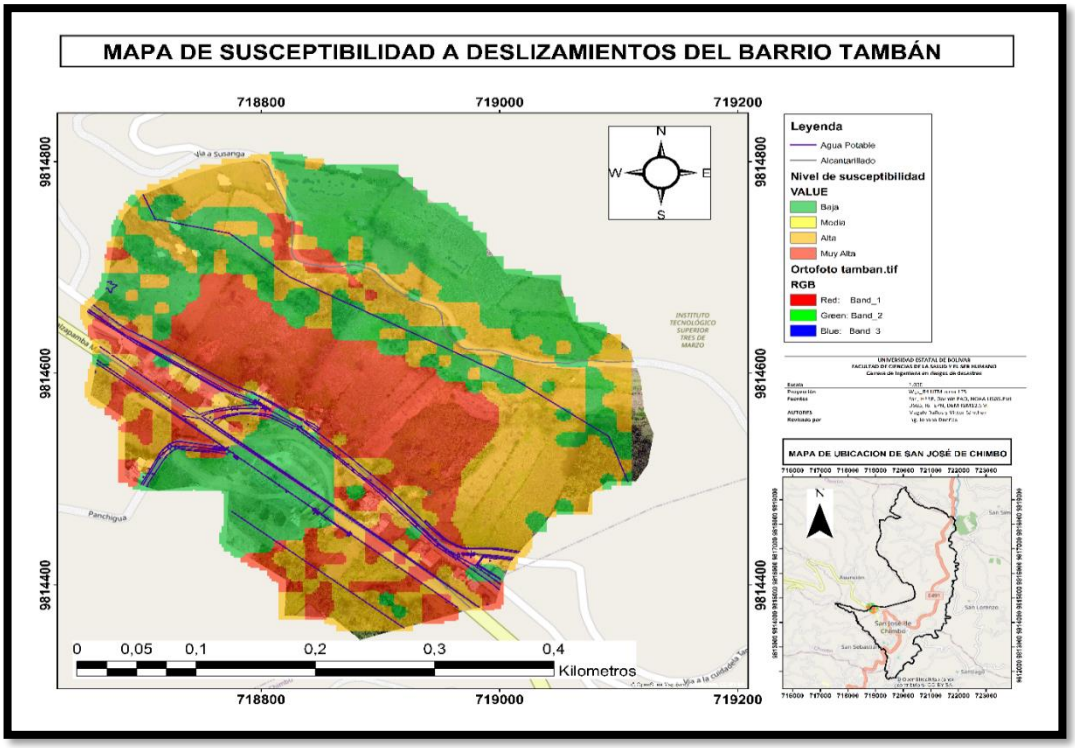
La representación también permite identificar las zonas críticas de bajo factor de seguridad, coloreadas en tonos cálidos, que corresponden a la trayectoria del plano potencial de falla, donde el terreno es más propenso a sufrir movimientos de masa.

Dado que los factores de seguridad que recomienda la normativa geotécnica en condiciones estáticas son del orden de 1,50, el talud se considera inestable. Por tanto, la red de agua potable y alcantarillado correría un alto riesgo de sufrir deslizamientos, dado que existe una alta probabilidad de que las redes sanitarias se vean afectadas en sus estructuras en caso de que el terreno se desplace.

Por lo tanto, la estabilidad del talud no es aceptable en su estado actual, y es necesario implementar medidas de estabilización geotécnica para aumentar la resistencia al corte y reducir las fuerzas desestabilizadoras.

4.1.3. Mapa de susceptibilidad

Mapa 9. Mapa de Susceptibilidad



Fuente: Elaboración propia

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos del SECTOR Tambán constituye el resultado de la integración de los factores condicionantes (pendiente, geología, humedad) y los factores de disparo (precipitación y sismicidad), mediante la aplicación de la metodología de Mora–Vahrson. Este análisis permitió zonificar el área de estudio en cuatro niveles de susceptibilidad: baja, media, alta y muy alta, representados mediante una escala cromática que facilita la interpretación espacial del riesgo.

Tabla 19. Tabla de Susceptibilidad

Susceptibilidad	Área _Ha	%
Baja	0,49513850370	3,49%
Media	4,22670671070	29,75%
Alta	5,14707189793	36,23%
Muy Alta	4,33755797115	30,53%
Total	**14,2065**	**100%**

Nota: *La distribución de la susceptibilidad a deslizamientos evidencia que las categorías alta y muy alta concentran el 66,76% del área evaluada, reflejado una elevada predisposición del terreno a procesos de remoción en masa*

Fuente: *Elaboración propia*

El nivel de susceptibilidad más frecuente en el área de estudio que abarca 142.064,75 m² (14,21 ha) de superficie es el nivel de susceptibilidad Alta, que en 51.470,72 m² (5,15 ha) de superficie tiene un porcentaje de 36,23%. En el nivel de susceptibilidad Muy Alta se registraron 43.375,58 m² (4,34 ha) con una participación de 30,53%.

Las zonas de baja susceptibilidad (en color verde) se localizan, en su mayoría, en el norte del sector. Este tipo de zonas presentan condiciones geomorfológicas propicias para la estabilización, lo que implica que sus pendientes son suaves, los materiales que las componen son relativamente estables, y poseen un bajo contenido de humedad y precipitación que disminuyen la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos en el área.

La categoría de susceptibilidad media (color amarillo) cubre la mayor parte del área de estudio. En estas áreas se presenta una combinación de factores que dan lugar a un estado de equilibrio inestable, es decir, la ocurrencia de deslizamientos es posible bajo condiciones especiales como precipitaciones intensas o aumento de la saturación del suelo.

Las zonas de alta susceptibilidad (en color anaranjado) se ubican mayormente en la parte sur del SECTOR. En estas zonas, hay una mayor probabilidad de que se produzcan movimientos de masa, debido a una pendiente moderada a empinada, a materiales geológicos

poco consolidados y a niveles de humedad más altos en el terreno. Estas condiciones presentan un importante riesgo para la infraestructura existente.

Las zonas de muy alta susceptibilidad (color rojo), en algunos sectores (especialmente en el sector donde se ubica la quebrada y en los sectores con pendiente muy alta), son las que en general poseen las condiciones más desfavorables que, por la influencia de todos los factores anteriormente mencionados, producen una alta probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento, incluso con factores desencadenantes de baja a mediana intensidad.

Por su infraestructura, de la red de agua potable y alcantarillado, una parte de ella se encuentra sobre zonas de susceptibilidad moderada, alta y muy alta, y por lo tanto susceptible a ser afectada por movimientos en masa. Las partes más cercanas a los cuerpos de agua son más propensas a ser afectadas por procesos de erosión y socavación.

Aunque se deben priorizar las áreas de muy alta susceptibilidad, el sector Tambán tiene la mayor parte de su área de influencia en susceptibilidad media a alta, por lo que se deben llevar a cabo acciones de gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y construcción de obra de mitigación para disminuir la vulnerabilidad de su infraestructura y población ante un evento de deslizamiento.

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 2

4.2.1. Determinar el nivel de riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

Para la elaboración del Mapa de Riesgos por deslizamiento del sector Tambán, se realizó un análisis y cálculo matemático basado en la superposición de capas de información. Se tomó como base el mapa de susceptibilidad de deslizamiento del sector Tambán, para la determinación de la vulnerabilidad, se consideraron agua potable y alcantarillado.

Como parte de la evaluación de riesgo por deslizamientos, se considera el resultado del análisis de estabilidad del talud realizado por el Geo 5 aplicando el método simplificado de Bishop, el análisis determino factor de seguridad (fs.) de 0,83.

Este valor es inferior al mínimo recomendado para condiciones estáticas (fs.≥ 1.50), lo que evidencia que el talud presenta condiciones de inestabilidad

El cruce espacial de la susceptibilidad del sector Tambán determinada mediante el modelo de Mora Vahrson y con los servicios básicos se permitió cuantificar los niveles de riesgos físicos del agua potable y alcantarillado:

Análisis del riesgo en la red de agua potable

La red de agua potable del sector de Tambán representa una alta exposición en tramos inestables que se concentran principalmente en las pendientes central y suroriental del sector Tambán. En la cual se obtuvieron los siguientes datos estadísticos:

Tabla 20. Análisis del riesgo en la red de agua potable

Nivel de riesgo	Número de tubería	Longitud en km	% de longitud
Muy Alta	637	1,803	32,60%
Alta	706	2,19	39,60%
Media	295	1,37	24,77%
Baja	32	0,17	3,07%
Total	1670	5.53	100%

Nota: *El análisis del nivel de riesgos de la red de tuberías evidencia que el 72,17% de su longitud se encuentra en categorías de riesgo alta y muy alta, lo que indica una importante exposición a potenciales afectaciones por deslizamientos*

Fuente: *Elaboración propia*

La evaluación del riesgo en la red de agua potable determinó una longitud total de 5.537,06 m, distribuida en 1.670 tramos de tubería. Los resultados muestran que la categoría de riesgo Alta concentra la mayor longitud de infraestructura, con 2.193,21 m, equivalente al 39,61 % del total de la red. De manera similar, la categoría Muy Alta registra 1.802,91 m, representando el 32,56 %.

Como se observa en la tabla, tenemos que, en 1802, 91 m se encuentran bajo una susceptibilidad muy alta, que está representada por líneas de color rojo; 2193,21 m en niveles de susceptibilidad alta, en la cual se puede determinar que más del 60% de la conducción de agua potable se localiza sobre estratos de coluviones y arcillas meteorizadas, siendo vulnerables al movimiento.

En nivel de susceptibilidad media se encuentran 1372,60 m de tubería y en susceptibilidad baja 167,34 m, que se ubican en la zona norte y en zonas de mayor cobertura vegetal. Las tuberías que se encuentran ubicadas en las zonas muy alta y alta tienen una probabilidad de tener rupturas por cortante o tracción mecánica debido a los diversos desplazamientos del suelo. Esto provocaría una interrupción en el servicio y también una infiltración de agua, lo cual provocaría un colapso del talud.

Análisis del riesgo en la red de alcantarillado

El sistema de alcantarillado muestra una vulnerabilidad más alta debido a su diseño por gravedad, el cual está ubicado en las pendientes más pronunciadas del sector. En la cual se puede observar lo siguiente:

Tabla 21. Análisis del riesgo en la red de alcantarillado

Nivel de riesgo	Número de tubería	Longitud en _km	% de longitud
Muy Alta	8	0,45	33,49%
Alta	8	0,64	47,27%
Media	6	0,23	16,78%
Baja	2	0,03	2,45%
Total	24	1.35	100%

Nota: *La red de alcantarillado presenta una leve exposición a condiciones de susceptibilidad, ya que el 80,76% de su longitud total se localiza en zonas clasificadas con riesgos altos y muy alto, equivalente a 1,095 km de tubería*

Fuente: *Elaboración propia*

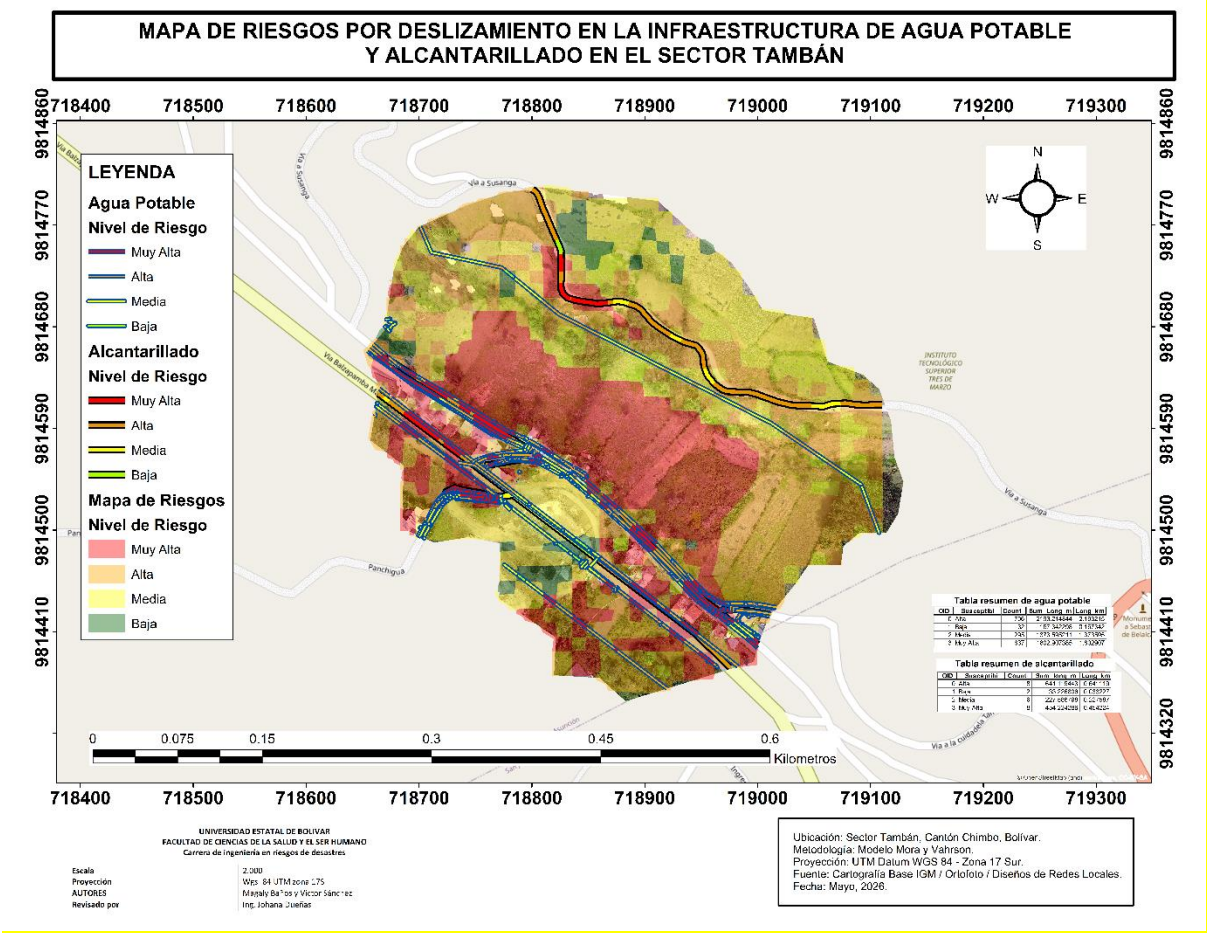
La red de alcantarillado evaluada posee una longitud total de 1.356,16 m, distribuida en 24 tramos de tubería. El análisis muestra que la categoría de riesgo Alta presenta la mayor longitud afectada, con 641,12 m, correspondiente al 47,27 % de la red total. A su vez, la categoría Muy Alta registra 454,22 m, equivalente al 33,49 %.

Como se observa en la tabla, existen 454,22 m de red bajo el nivel de susceptibilidad muy alta que se encuentran localizadas en la zona del talud estudiado, 641,20 m en nivel de susceptibilidad alta, lo que determina una longitud crítica que, combinada con el nivel de susceptibilidad alta, es más de un kilómetro de red expuesta a fallas estructurales.

En niveles de susceptibilidad media existen 227,58 m y 33,22 m en baja, lo que suma 260,80 m que se encuentran en las zonas topográficas más estables. La red de alcantarillado que se encuentra en las zonas de muy alta susceptibilidad representa una amenaza para la población de Tambán, ya que la ruptura de estas redes de alcantarillado liberaría aguas servidas

directamente en la parte del suelo coluvial, desencadenando así un movimiento de masa de gran magnitud, además de provocar una emergencia sanitaria por contaminación.

Mapa 10. Mapa de riesgos



Fuente: Elaboración propia

Matriz de loa metodología del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Para esta metodología lo más técnico seria asignar pesos a cada indicador de vulnerabilidades y luego multiplicar por su calificación

Indicador	Peso	Calificación	Peso × Calificación
Estado físico	0,25	4	1,00
Material de tubería	0,20	3	0,60
Antigüedad	0,15	5	0,75
Cercanía al talud	0,20	4	0,80
Mantenimiento	0,10	3	0,30
Exposición al deslizamiento	0,10	5	0,50
Total	**1,00**		**3,95**

En este caso:

IV=1,00+0,60+0,75+0,80+0,30+0,50=3,95IV=1,00+0,60+0,75+0,80+0,30+0,50=3,95IV=1,00+0,60+0,75+0,80+0,30+0,50=3,95

Se aproxima a 4 lo cual la vulnerabilidad se clasifica como alta

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS SEGÚN EL OBJETIVO 3

4.3.1. Elaborar estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable u alcantarillado

Mediante la aplicación de encuestas y entrevistas se justifico por la necesidad de obtener información confiable y complementarias sobre el riesgo por deslizamientos y su acontecimiento en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán. Las encuestas permitieron conocer la percepción de los habitantes respecto a la ocurrencia de deslizamientos, las afectaciones a los servicios básico y el nivel de conocimientos sobre las medidas de prevención. La combinación de ambas técnicas facilito una razón integral de la problemática y contribuyo al cumplimiento de los objetivos planteados.

El plan estratégico de prevención y mitigación se generó bajo en análisis de las herramientas aplicadas como las encuestas, las entrevistas, los mapas generados en conjunto a la revisión bibliográficas de fuentes públicas técnicas como SitRep emitidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, reportajes periodísticos de antecedentes ocurridos en el sector, y otros materiales técnicos académicos, una vez se identificaron las vulnerabilidades se determinó el tipo de dimensión del factor de vulnerabilidad y la causa central de la vulnerabilidad, se procedió a plantear estrategias de prevención y mitigación a cada una, tomando en consideración la realidad del territorio y las condiciones locales, para alinearlas de manera técnica y coherente.

Encuestas y Entrevistas

Previo a la presentación de las matrices con la identificación de las principales vulnerabilidades, para posteriormente establecer las estrategias de prevención y mitigación con el fin de garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado, se detalla cómo se aplicaron las encuestas y las entrevistas:

- **Encuestas**

Guía metodológica para la aplicación de la encuesta y análisis de resultados

-Primer Cuerpo: Presentación de la entrevista

Para empezar, se redactó el siguiente texto, que permite informar a los entrevistados el fin de la entrevista y cómo se manejará la información:

Buenos días/tardes. Nuestros nombres son ___ Víctor Sanches y Magaly Baños estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión de Riesgos y Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar.

Como parte del trabajo de titulación, nos encontramos desarrollando el proyecto de investigación titulado:

"Evaluación del riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, cantón Chimbo".

El objetivo de esta encuesta es identificar y analizar las vulnerabilidades físicas, operativas, institucionales y sociales de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a la ocurrencia de deslizamientos, con la finalidad de formular estrategias de prevención y mitigación que contribuyan a la sostenibilidad de estos servicios básicos.

En este sentido, su participación es de gran importancia, ya que permitirá recopilar información relevante basada en su experiencia, conocimiento y percepción del territorio y del sistema. No existen respuestas correctas o incorrectas; lo fundamental es contar con su criterio sincero y objetivo.

Cabe señalar que la información recopilada será utilizada exclusivamente con fines académicos e investigativos, será tratada de manera confidencial y anónima, y se integrará junto con otras herramientas de investigación, sin identificar en ningún momento a las personas participantes.

Agradecemos de antemano su colaboración y el tiempo brindado para el desarrollo de este estudio, el cual busca aportar a la reducción del riesgo y al fortalecimiento de la gestión del territorio.

¡Muchas gracias por su apoyo!

-Segundo Cuerpo: Aplicación de la encuesta

Previo a la presentación de las preguntas de la encuesta con el análisis de sus resultados es importante resaltar que las personas encuestadas corresponden a moradores del sector Tambán, cantón Chimbo y como muestra de esta investigación se aplicaron 186 encuestas.

A continuación, se presentan las preguntas que se diseñaron con el objetivo de identificar las vulnerabilidades en base a la percepción social de los moradores del sector Tambán, cantón Chimbo frente a la exposición física, fragilidad estructural, debilidad operativa, vulnerabilidad social, capacidad adaptativa, gobernanza institucional e impacto sanitario y además se argumenta un pequeño texto en el que se plantea la relevancia de la pregunta para el cumplimiento del resultado.

- **Pregunta 1: En los últimos 5 años, ha ocurrido algún deslizamiento que afectó infraestructura de agua u alcantarillado.**

    A. Sí, varias veces.

    B. Sí, una vez.

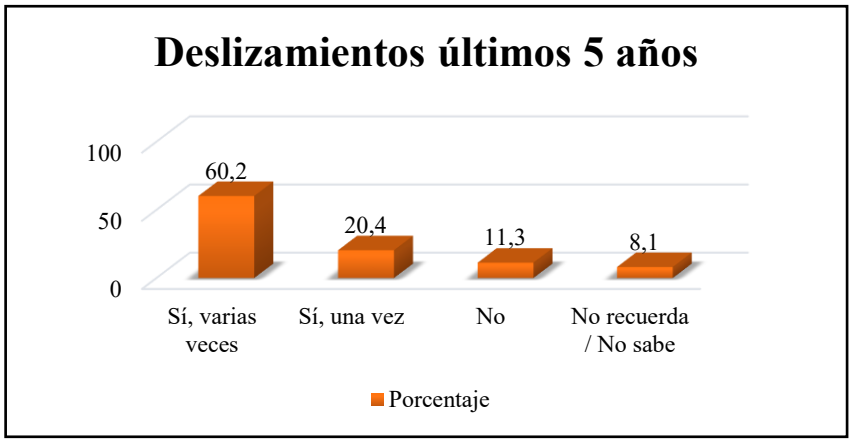
    C. No

    D. No recuerda/ No sabe

    Objetivo de la pregunta: Determinar la frecuencia y recurrencia que han tenido los eventos de deslizamiento que han impactado de manera directa las obras de agua y saneamiento en los últimos 5 años, con la intención de conocer los patrones históricos que permitan estimar el nivel de exposición que tienen los sistemas ante estas amenazas.

Tabla 22. Representación estadística y gráfica-Pregunta 1

En los últimos 5 años, ha ocurrido algún deslizamiento que afectó infraestructura de agua u alcantarillado.



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si, varias veces	112	60,20%
Si, una vez	38	20,40%
No	21	11,30%
No recuerda/ No sabe	15	8,10%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: De las 186 personas encuestadas, el 60,2 % señaló que en los últimos cinco años los deslizamientos han afectado varias veces la infraestructura de agua potable o alcantarillado, mientras que el 20,4 % indicó que ha ocurrido al menos una vez. Esto implica que más de 80 % de la población ha tenido algún tipo de afectación, por lo que se trata de un problema recurrente y no es un riesgo eventual en el sector.

Estos resultados se pueden interpretar como que la red de agua potable y alcantarillado del sector Tambán se encuentra expuesta a deslizamientos con cierta frecuencia. La baja proporción que indica que no han ocurrido o que no pueden recordar puede deberse a la ubicación dentro del sector o a un menor grado de conocimiento sobre los deslizamientos.

- **Pregunta 2: ¿Cuál considera es el principal detonante observado para deslizamientos en el sector?**

    A. Lluvias prolongadas

    B. Sismos o vibraciones

    C. Corte de taludes

    D. Drenaje deficiente que ocasiona saturación del suelo

    E. Fuga de tuberías (agua potable)

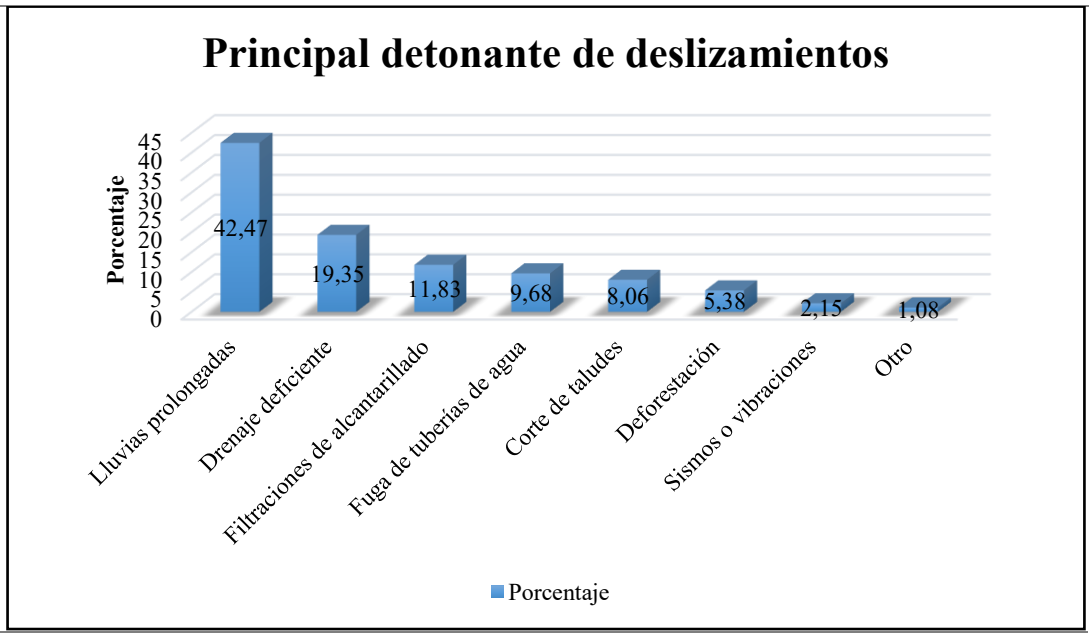
    F. Filtraciones de alcantarillado o pozos

    G. Deforestación o cambio de cobertura

    H. Otro

Objetivo de la pregunta: Identificar con una perspectiva comunitaria, cuáles son los factores naturales u antrópicos que tienen incidencia en la ocurrencia de deslizamientos en el sector de estudio, a fin de comprender los procesos que favorecen la inestabilidad del suelo y como se relaciona con estos servicios.

Tabla 23. Representación estadística y gráfica- Pregunta 2

¿Cuál considera es el principal detonante observado para deslizamientos en el sector?


Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Lluvias prolongadas	79	42,47%
Sismos o vibraciones	4	2,15%
Corte de taludes	15	8,06%
Drenaje deficiente que ocasiona saturación del suelo	36	19,35%
Fuga de tuberías (agua potable)	18	9,68%
Filtraciones de alcantarillado o pozos	22	11,83%
Deforestación o cambio de cobertura	10	5,38%
Otro	2	1,08%
Total		100%

Elaborado por: Víctor Sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 42,47 % de la población identifica a las lluvias prolongadas como el principal detonante de los deslizamientos en el sector, lo que confirma la fuerte influencia del factor climático en la inestabilidad del terreno. No obstante, un porcentaje importante también atribuye el problema a causas relacionadas con el manejo del agua, como drenajes defectuosos (19,35 %), filtraciones del alcantarillado (11,83 %) y fugas de tuberías (9,68 %), lo que evidencia que existen factores antrópicos que podrían estar contribuyendo a la saturación del suelo.

Los resultados muestran que, si bien la lluvia es ruidosa predominante, parte de la vulnerabilidad podría estar asociada a faltas en la infraestructura y el mantenimiento del

sistema sanitario. Esto significa que las medidas de prevención no deben centrarse solo en el riesgo climático, sino también en el drenaje, la detección de fugas y la estabilización de las áreas tratadas.

- **Pregunta 3: ¿Cuál es la época del año con mayor ocurrencia de deslizamientos?**

  A. Invierno (ene-abr)

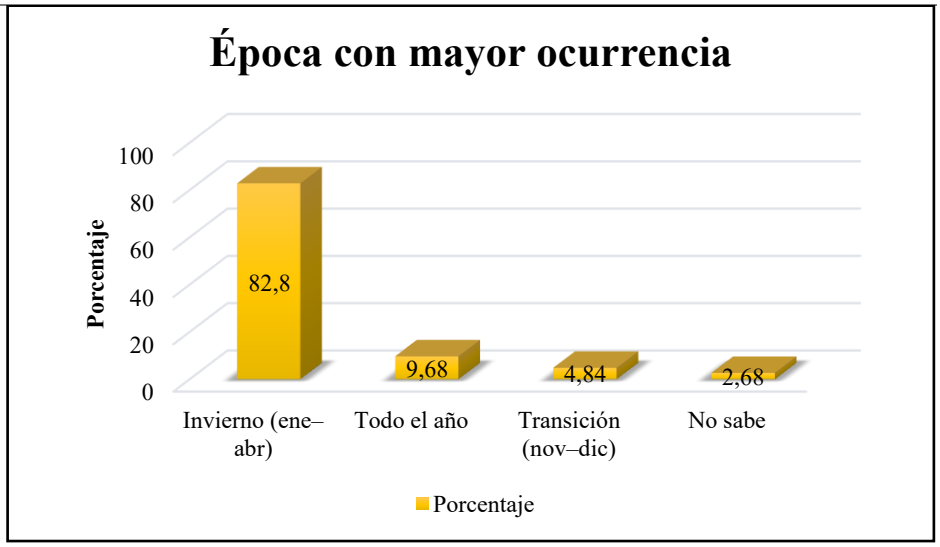
  B. Todo el año

  C. Transición (nov-dic)

  D. No sabe

  Objetivo de la pregunta: Determinar la estacionalidad de deslizamientos en el sector Tambán, para poder identificar los meses del año en que se presentan con mayor frecuencia, y así determinar en qué periodos se deben realizar acciones para la reducción del riesgo.

Tabla 24. Representación estadística y gráfica- Pregunta 3

¿Cuál es la época del año con mayor ocurrencia de deslizamientos?		
		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Invierno (ene-abr)	154	82,80%

Todo el año	18	9,68%
Transición (nov-dic)	9	4,84%
No sabe	5	2,68%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 82,80 % de los encuestados señala que los deslizamientos ocurren principalmente durante el invierno (enero–abril), lo que evidencia una fuerte relación entre la temporada de lluvias y la inestabilidad del terreno en el sector. Esto confirma que la precipitación es el factor que más afecta a la amenaza.

A pesar de que el 9,68 % de las incidencias presentan un comportamiento anual y el 4,84 % un comportamiento en el período de metamorfosis, el comportamiento en el período invernal permite definir un período de calificación que puede ser empleado para la programación de medidas preventivas (drenajes, inspección de tramos críticos, puesta en servicio de un sistema de vigilancia) antes y durante el período de máxima pluviometría.

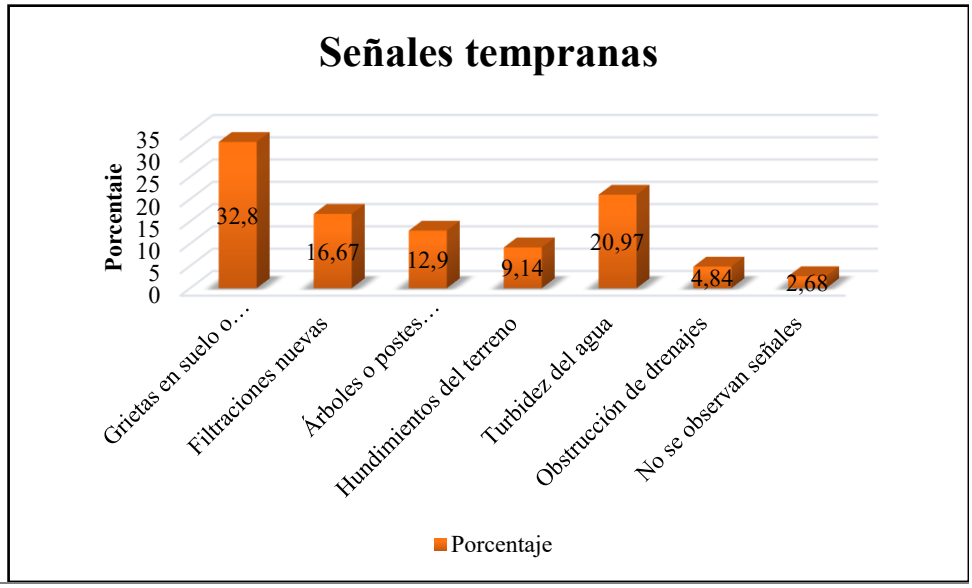
- **Pregunta 4: ¿Qué señales tempranas se han observado previo a la ocurrencia de un deslizamiento?**

  A. Grietas en suelo o paredes
  B. Árboles o postes inclinados
  C. Hundimientos o abultamientos del terreno
  D. Aumento de la turbidez en captación o fuentes de agua
  E. Filtraciones nuevas
  F. Obstrucción de drenajes o cunetas
  G. No se observan señales

Objetivo de la pregunta: Identificar indicadores físicos previos a la ocurrencia de los deslizamientos reconocidos por la población, con el fin de evaluar

la posibilidad de generar mecanismos de alerta basados en observación comunitaria y monitoreo del territorio.

Tabla 25. Representación estadística y gráfica- Pregunta 4

¿Qué señales tempranas se han observado previo a la ocurrencia de un deslizamiento?		
		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Grietas en suelo o paredes	61	32,80%
Árboles o postes inclinados	31	16,67%
Hundimientos o abultamientos del terreno	24	12,90%
Aumento de la turbidez en captación o fuentes de agua	17	9,14%
Filtraciones nuevas	39	20,97%
Obstrucción de drenajes o cunetas	9	4,84%
No se observan señales	5	2,68%

Total	100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 32,80 % de los encuestados identifica las grietas en el suelo o en paredes como la señal temprana más frecuente previa a un deslizamiento, seguido de la presencia de filtraciones nuevas (20,97 %) y la inclinación de árboles o postes (16,67 %). Estos resultados evidencian que la población reconoce manifestaciones físicas claras asociadas a procesos progresivos de inestabilidad del terreno.

La caracterización de señales como hundimientos, turbidez en fuentes de agua y obstrucción de drenajes confirma que existen guías previos que podrían ser utilizados como parte de un sistema de presto temprana comunitario. El bajo porcentaje que señala no observar señales (2,68 %) sugiere que la mayoría de la población tiene algún nivel de percepción sobre los cambios previos al evento.

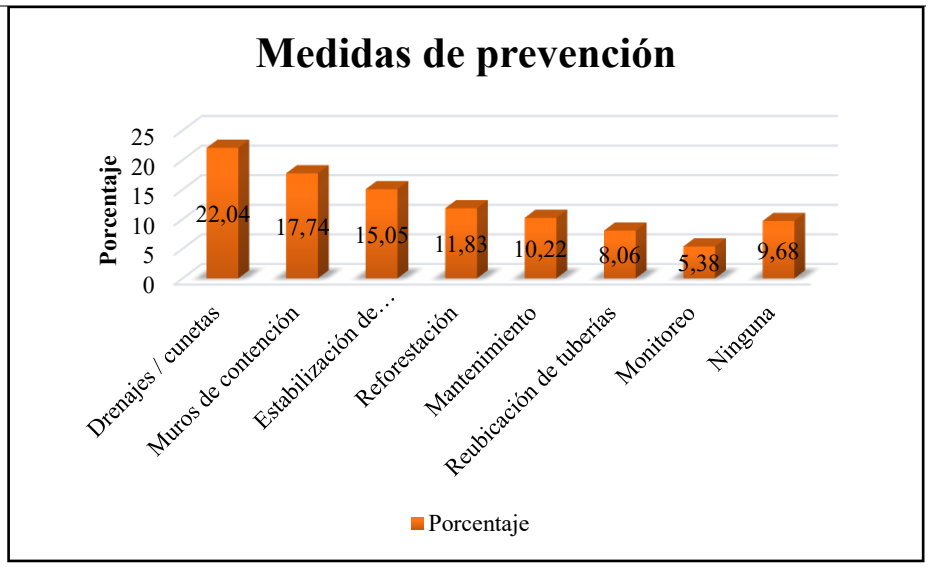
- **Pregunta 5: Existen medidas de prevención o mitigación frente a deslizamientos**

  A. Muros de contención
  B. Estabilización de taludes
  C. Drenajes o cunetas / Mejoras
  D. Reforestación
  E. Reubicación de tuberías
  F. Fortalecimiento del mantenimiento
  G. Monitoreo y alerta temprana
  H. Ninguna

  Objetivo de la pregunta: Evaluar las medidas estructurales y no estructurales implementadas en el sector Tambán para reducir la vulnerabilidad de la infraestructura de agua potable y saneamiento.

Tabla 26. Representación estadística y gráfica- Pregunta 5

Existen medidas de prevención o mitigación frente a deslizamientos



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Muros de contención	33	17,74%
Estabilización de taludes	28	15,05%
Drenajes o cunetas / mejoras	41	22,04%
Reforestación	22	11,83%
Reubicación de tuberías	15	8,06%
Fortalecimiento del mantenimiento	19	10,22%
Monitoreo y alerta temprana	10	5,38%
Ninguna	18	9,68%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 22,04 % de los encuestados identifica la existencia de drenajes o mejoras en cunetas como principal medida de prevención, seguido de muros de contención (17,74 %) y estabilización de taludes (15,05 %). Esto evidencia que en el sector se

han implementado principalmente medidas estructurales orientadas al control del agua y estabilización del terreno.

Sin embargo, en relación con las acciones no estructurales, el 9,68 % dice que no hay medidas de prevención y el 5,38 % que hay monitoreo o alerta temprana, es decir, no hay una coordinación plena. Por tanto, a pesar de que hay acciones de infraestructura, hay aún déficit en el mantenimiento, la vigilancia y la gestión preventiva integral.

- **Pregunta 6: Existencia de monitoreo o alerta temprana**

  A. Comunitaria

  B. Técnica

  C. Ambas

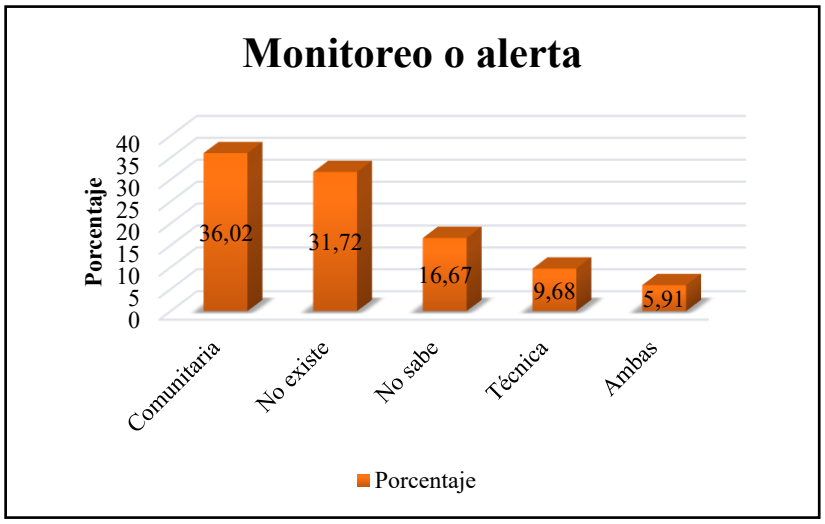
  D. No existe

  E. No sabe

  Objetivo de la pregunta: Determinar el nivel de implementación de mecanismos de monitoreo o Sistemas de Alerta Temprana SAT, tanto de gestión comunitaria como técnica, mismos que permiten anticipar eventos de deslizamiento y reducir posteriores afectaciones a las infraestructuras y servicios.

Tabla 27. Representación estadística y gráfica- Pregunta 6

Existencia de monitoreo o alerta temprana



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Comunitaria	67	36,02%
Técnica	18	9,68%
Ambas	11	5,91%
No existe	59	31,72%
No sabe	31	16,67%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 36,02 % de los encuestados señala que existe algún tipo de monitoreo comunitario, mientras que solo el 9,68 % reconoce la existencia de monitoreo técnico y un 5,91 % indica que ambos mecanismos están presentes. Sin embargo, un 31,72 % manifiesta que no existe ningún sistema de alerta y un 16,67 % desconoce su existencia.

Estos resultados irradian que, aunque hay presencia de vigilancia comunitaria, el monitoreo técnico institucional es limitado. La separación o inexperiencia de sistemas formales de alerta evidencia una debilidad en la preparación ante deslizamientos, lo que justifica la

implementación o fortalecimiento de mecanismos técnicos de monitoreo y su articulación con la participación comunitaria.

- **Pregunta 7: Nivel de conocimiento sobre riesgos por deslizamientos**

  A. Alto

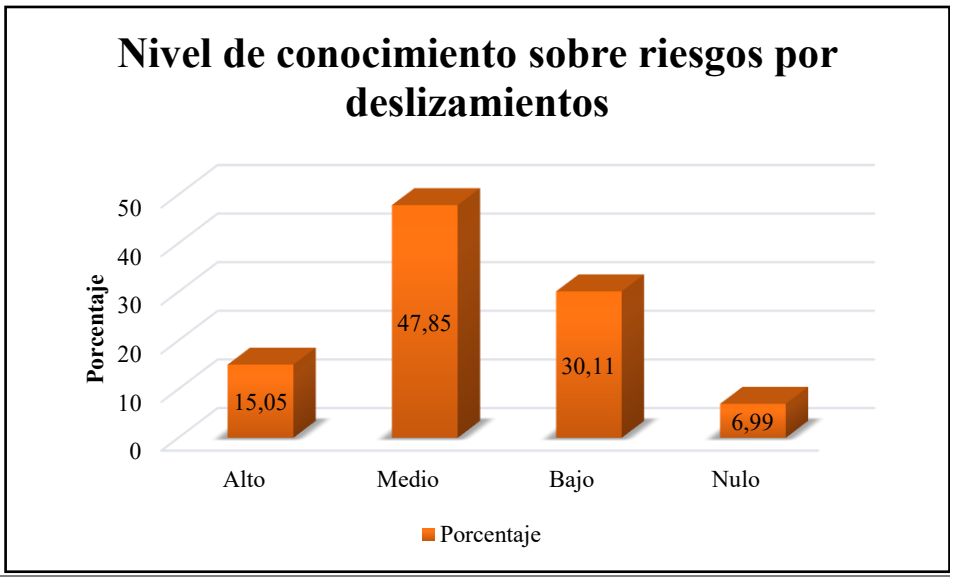
  B. Medio

  C. Bajo

  D. Nulo

  Objetivo de la pregunta: Evaluar el nivel de conocimiento y comprensión que mantiene la población con respecto a los riesgos asociados a deslizamientos y el impacto hacia los servicios, para la identificación de brechas a nivel cultural en prevención.

Tabla 28. Representación estadística y gráfica- Pregunta 7

Nivel de conocimiento sobre riesgos por deslizamientos		
		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Alto	28	15,05%
Medio	89	47,85%

Bajo	56	30,11%
Nulo	13	6,99%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 47,85 % de la población considera que posee un nivel medio de conocimiento sobre los riesgos por deslizamientos, mientras que un 30,11 % lo califica como bajo y un 6,99 % como nulo. Sin embargo, dado que el 15,05 % afirma que el nivel de conocimiento es alto, se puede concluir que hay cierto conocimiento del riesgo en el sector, aunque el nivel de conocimiento suele ser medio o bajo.

Desde el punto de vista de la gestión del riesgo, los resultados muestran la necesidad de mejorar los procesos de capacitación y educación comunitaria en capacidades de discernimiento para prevenir, identificar signos de advertencia y reaccionar de manera oportuna.

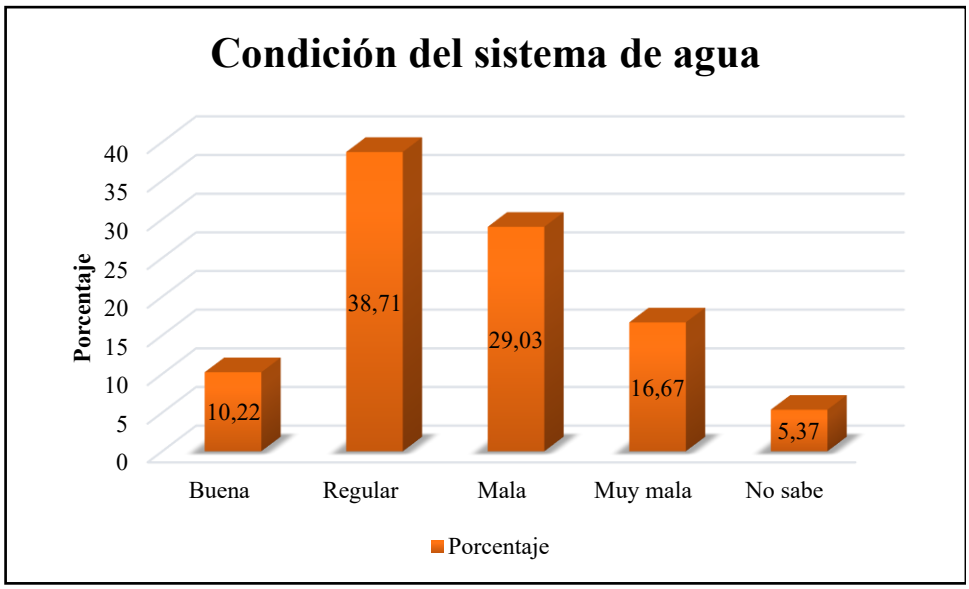
- **Pregunta 8: Condición de la infraestructura de agua potable y alcantarillado**

  A. Buena
  B. Regular
  C. Mala
  D. Muy mala
  E. No sabe

  Objetivo de la pregunta: Identificar la percepción comunitaria sobre el estado físico y funcional de las infraestructuras de agua potable y alcantarillado, como indicador preliminar del deterioro o fragilidad de los sistemas.

Tabla 29. Representación estadística y gráfica- Pregunta 8

Condición de la infraestructura de agua potable y alcantarillado



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Buena	19	10,22%
Regular	72	38,71
Mala	54	29,03%
Muy mala	31	16,67%
No sabe	10	5,37%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: Por otro lado, en cuanto a la infraestructura, el 38,71 % de la población la percibe como regular, el 29,03 % como mala y el 16,67 % como muy mala. De esta manera, más del 45 % de la población considera que el estado de la infraestructura es deficiente, lo que significa que el sistema tiene un alto grado de fragilidad estructural ante los deslizamientos.

Aunque un 10,22 % la califica de buena, se considera que puede haber debilidades físicas que le hagan más propensa a fallar en un movimiento de masa.

- **Pregunta 9: La red atraviesa o bordea zonas con evidencia de inestabilidad**

  A. Sí, en varios tramos

  B. Sí, en pocos tramos

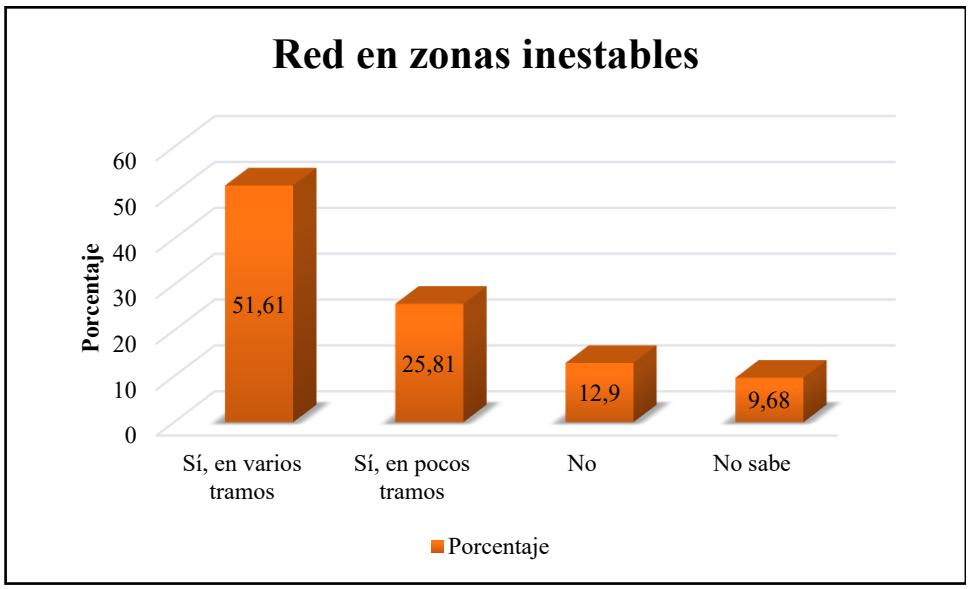
  C. No

  D. No sabe

  Objetivo de la pregunta: Determinar el grado de exposición territorial de la red de agua potable y alcantarillado, identificando su ubicación en zonas con pendientes pronunciadas o con antecedentes de inestabilidad.

Tabla 30. Representación estadística y gráfica- Pregunta 9

La red atraviesa o bordea zonas con evidencia de inestabilidad



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si, en varios tramos	96	51,61%
Si, en pocos tramos	48	25,81%

No	24	12,90%
No sabe	18	9,68%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 51,61 % de los encuestados indica que la red atraviesa zonas con evidencia de inestabilidad en varios tramos, y un 25,81 % señala que ocurre en pocos tramos. En conjunto, más del 77 % reconoce algún nivel de exposición territorial de la infraestructura frente a deslizamientos.

Este resultado evidencia una alta condición de exposición física de la infraestructura de los servicios de agua y alcantarillado, lo que incrementa la probabilidad de daños estructurales ante movimientos de masa.

- **Pregunta 10: Tipo de afectación más frecuente**

  A. Rotura de tuberías

  B. Exposición o arrastre de tuberías

  C. Contaminación de la fuente

  D. Daño en estructuras

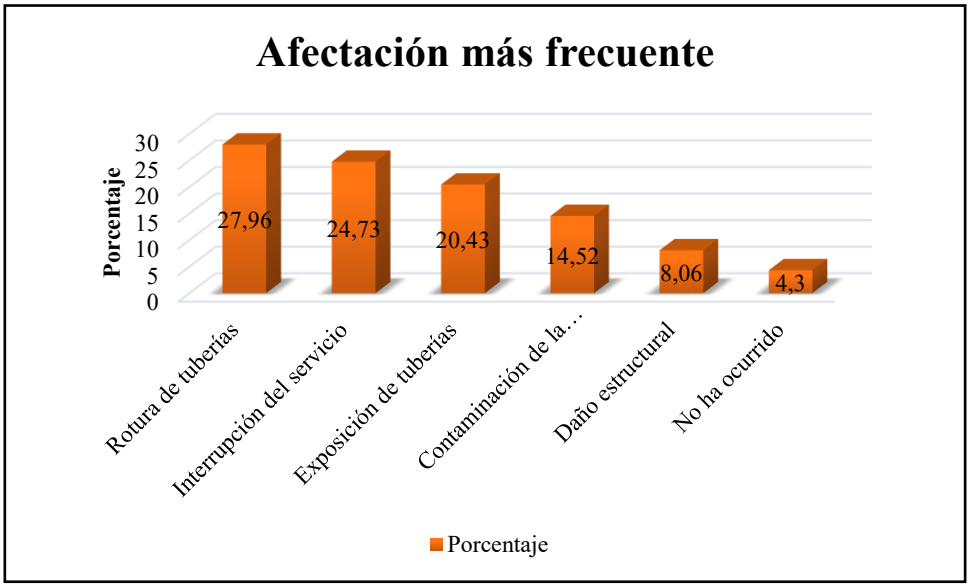
  E. Interrupción del servicio

  F. No ha ocurrido

  Objetivo de la pregunta: Identificar los daños más recurrentes con el propósito de caracterizar el patrón de falla predominante.

Tabla 31. Representación estadística y gráfica- Pregunta 10

Tipo de afectación más frecuente



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Rotura de tuberías	52	27,96%
Exposición o arrastre de tuberías	38	20,43%
Contaminación de la fuente	27	14,52%
Daño en estructuras	15	8,06%
Interrupción del servicio	46	24,73%
No ha ocurrido	8	4,30%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: La rotura de tuberías representa la afectación más frecuente con un 27,96 %, seguida de la interrupción del servicio (24,73 %) y la exposición o arrastre de tuberías (20,43 %). Estos resultados evidencian que los deslizamientos impactan principalmente en los componentes lineales del sistema, generando fallas estructurales que afectan directamente la continuidad del servicio.

La presencia de contagio de fuentes (14,52 %) indica además un riesgo sanitario asociado a estos eventos. En ligado, los datos reflejan que las afectaciones no solo son físicas, sino también funcionales.

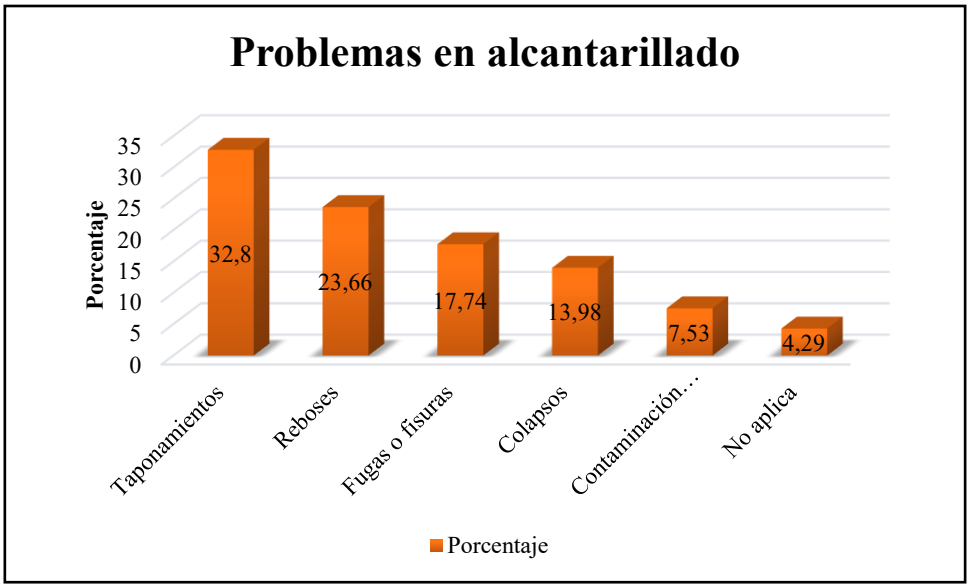
Pregunta 11: Problemas frecuentes en el sistema de alcantarillado

A. Taponamientos
B. Colapsos
C. Fugas o fisuras
D. Reboses
E. Contaminación ambiental
F. No aplica

Objetivo de la pregunta: Evaluar fallas operativas comunes en el sistema de alcantarillado que pueden estar relacionados con procesos de inestabilidad del terreno o saturación del suelo.

Tabla 32. Representación estadística y gráfica- Pregunta 11

Problemas frecuentes en el sistema de alcantarillado



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Taponamientos	61	32,80%
Colapsos	26	13,98%
Fugas o fisuras	33	17,74%
Reboses	44	23,66%
Contaminación ambiental	14	7,53%
No aplica	8	4,29%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 32,80 % de los encuestados considera que el taponamiento es el problema más frecuente en el sistema de alcantarillado. El 23,66 % contestó que lo es el rebose y el 17,74 % las fugas o fisuras. Estas cifras muestran que hay problemas en la operación del sistema, que se agravan en época de lluvias, con aumento en el caudal y nivel freático, que provocan la saturación del sistema.

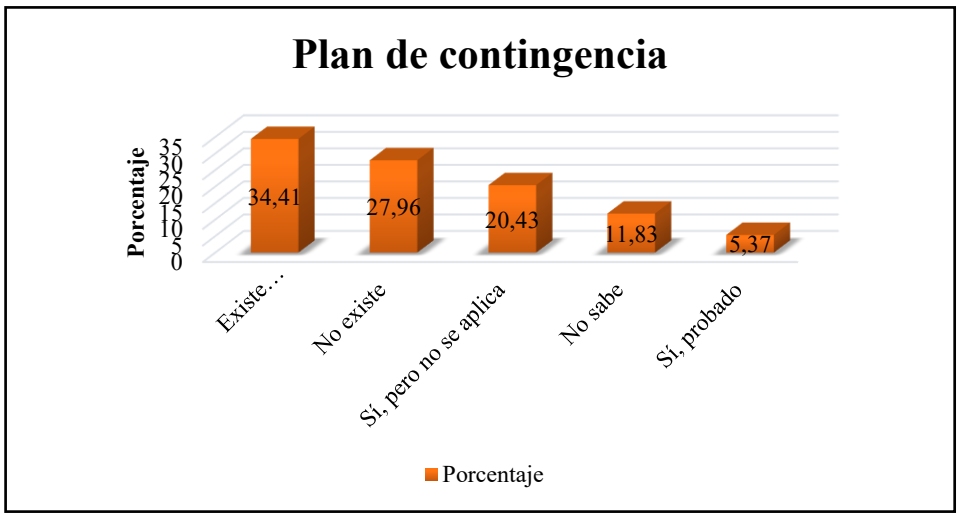
Esto se puede apreciar en las proporciones de colapsos (13,98 %) y contaminación ambiental (7,53 %), que indican que no solo es la funcionalidad del sistema lo que se pone en juego, sino también su impacto sanitario y ambiental.

- **Pregunta 12: Existe un plan de contingencia para continuidad de servicio**
    A. Existe informalmente
    B. No existe
    C. Si, pero no se aplica
    D. No sabe
    E. Si, probado

Objetivo de la pregunta: Determinar si los sistemas cuentan con instrumentos formales y técnicos de planificación para garantizar una adecuada continuidad de servicios aun en contextos emergentes.

Tabla 33. Representación estadística y gráfica- Pregunta 12

Existe un plan de contingencia para continuidad de servicio



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Existe informalmente	64	34,41%
No existe	52	27,96%
Si, pero no se aplica	38	20,43%
No sabe	22	11,83%
Si, probado	10	5,37%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 34,41 % de los encuestados señala que existe un plan de contingencia de manera informal, mientras que un 27,96 % indica que no existe y un 20,43 % manifiesta que, aunque existe, no se aplica. En conjunto, más del 48 % evidencia debilidades

en la planificación formal y operativa para garantizar la continuidad del servicio ante emergencias.

Solo el 5,37 % reconoce la coexistencia de un plan funcional puesto a prueba, lo que insinúa una limitada preparación institucional frente a eventos que puedan afectar estas infraestructuras.

- **Pregunta 13: Coordinación con instituciones de gestión del riesgo.**

  A. Alta

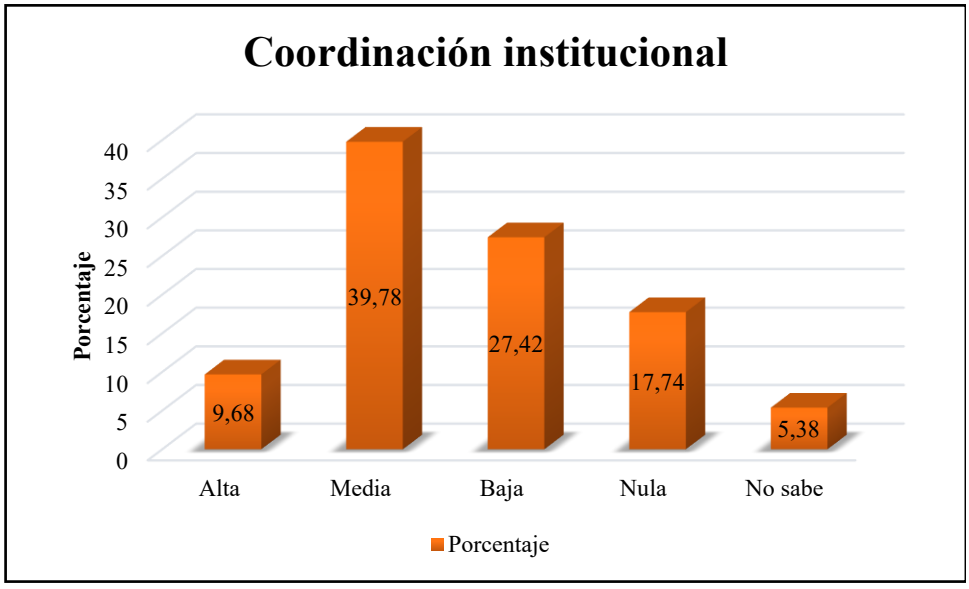
  B. Media

  C. Baja

  D. Nula

  Objetivo de la pregunta: Evaluar el nivel de articulación entre los actores responsables de la administración de estos servicios y las instituciones encargadas de la gestión de riesgos a nivel territorial.

Tabla 34. Representación estadística y gráfica- Pregunta 13

Coordinación con instituciones de gestión del riesgo


Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Alta	18	9,68%
Media	74	39,78%
Baja	51	27,42%
Nula	33	17,74%
No sabe	10	5,38%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 39,78 % de los encuestados percibe una coordinación media con las instituciones de gestión del riesgo, mientras que un 27,42 % la considera baja y un 17,74 % nula. En conjunto, más del 45 % muestran debilidades en la articulación institucional frente a la amenaza de deslizamientos.

En lo que respecta a articulación, sólo un 9,68 % se pronuncia a favor de que la coordinación sea alta. Esto, a su vez, indica que hay insuficiencias en la articulación interinstitucional para lo que es la desconcentración y la respuesta a emergencias, lo que refleja que existe alta vulnerabilidad en la dimensión de gobernanza y gestión.

- **Pregunta 14: El hogar cuenta con almacenamiento de agua**

  A. Más de 2 días

  B. De 1 a 2 días

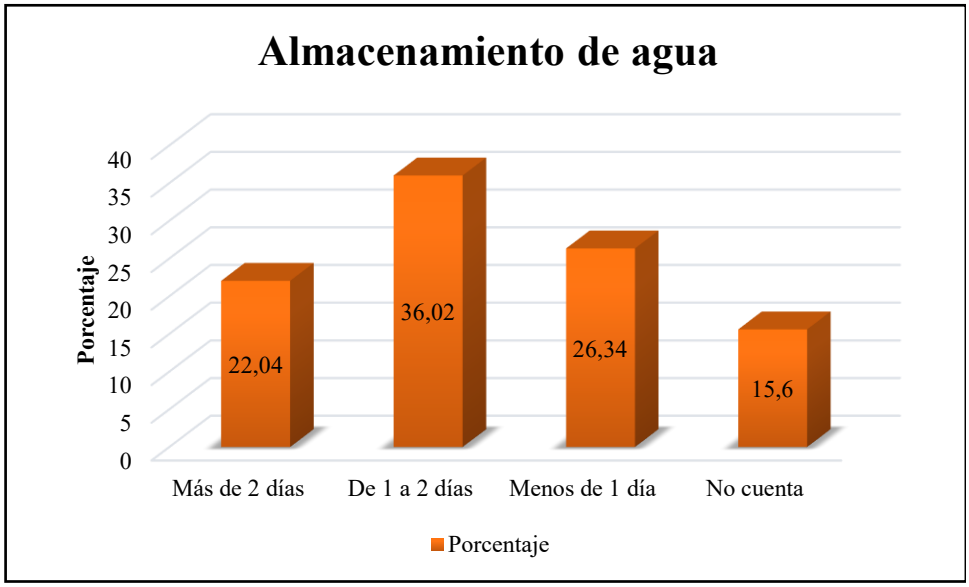
  C. Menos de 1 día

  D. No cuenta

  Objetivo de la pregunta: Determinar la capacidad de resiliencia doméstica ante interrupciones de los servicios frente a deslizamientos.

Tabla 35. Representación estadística y gráfica- Pregunta 14

El hogar cuenta con almacenamiento de agua



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Más de 2 días	41	22,04%
De 1 a 2 días	67	36,02%
Menos de 1 día	49	26,34%
No cuenta	29	15,60%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: El 36,02 % de los hogares cuenta con almacenamiento de agua entre uno y dos días, mientras que un 26,34 % dispone de menos de un día y un 15,60 % no cuenta con ningún tipo de reserva.

Más de 40% de los sistemas tienen una capacidad limitada para hacer frente a interrupciones del servicio.

Los resultados sugieren que la capacidad de adaptación en el nivel familiar a los eventos que afectan la infraestructura de agua potable es baja. La baja autonomía hídrica también

sugiere la necesidad de medidas de contingencia y capacidades de almacenamiento seguro para mitigar el impacto de prolongadas interrupciones del servicio debido a deslizamientos de tierra.

- **Pregunta 15: Fuente alternativa de agua en cortes**

  A. Compra de agua

  B. Agua de lluvia

  C. Río o quebrada

  D. Familiares o vecinos

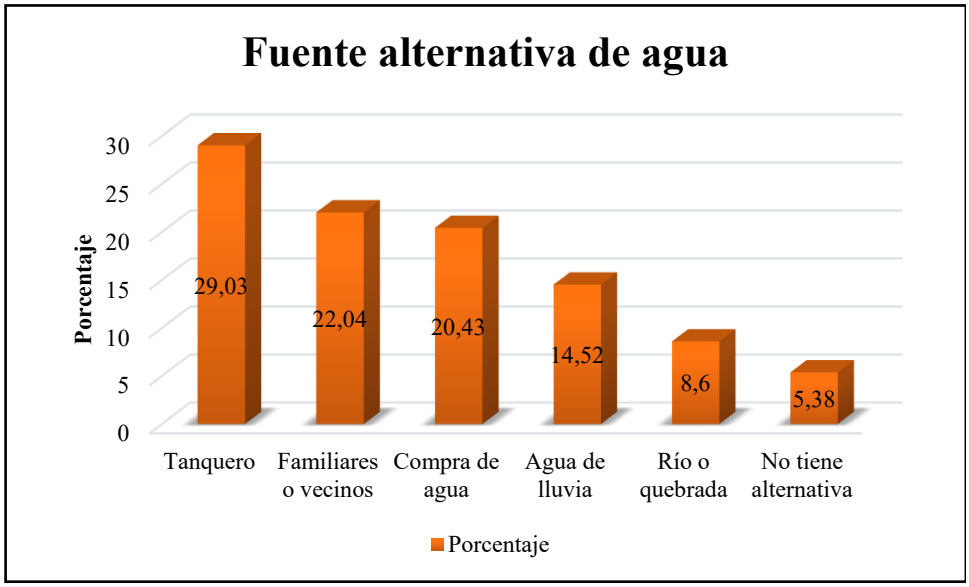
  E. Tanquero

  F. No tiene alternativa

  Objetivo de la pregunta: Identificar los mecanismos alternativos utilizados a nivel poblacional para el abastecimiento de agua en caso de interrupción del servicio.

Tabla 36. Representación estadística y gráfica- Pregunta 15

Fuente alternativa de agua en cortes



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje

Compra de agua	38	20,43%
Agua lluvia	27	14,52%
Río o quebrada	16	8,60%
Familiares o vecinos	41	22,04%
Tanquero	54	29,03%
No tiene alternativa	10	5,38%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: Aún en el caso de un corte del suministro, el 29,03 % de los encuestados dice que recibe agua a través de tanqueros, el 22,04 % de familiares o vecinos y el 20,43 % la compra, lo que evidencia una gran dependencia de mecanismos externos o informales de abastecimiento en situaciones de emergencia.

Pese a su importancia, una parte de la población usa agua de lluvia (14,52 %) o agua de ríos o quebradas (8,60 %), ambos casos potencialmente insalubres si no se les da tratamiento. El 5,38 % de la población que no tiene ninguna alternativa es de la más vulnerable a eventuales cortes prolongados.

- **Pregunta 16: Afectaciones a la salud asociadas a cortes o contaminación**

  A. Frecuentes

  B. Ocasionales

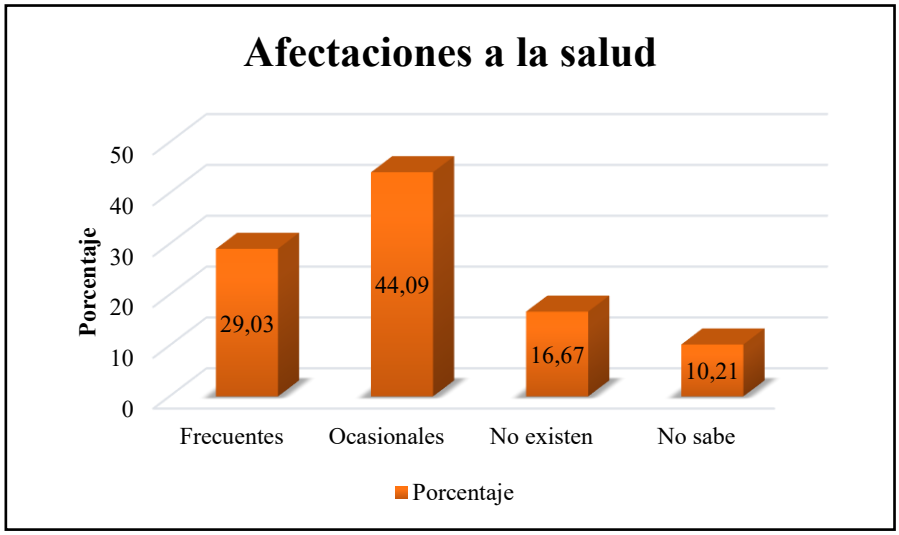
  C. No existen

  D. No sabe

  Objetivo de la pregunta: Determinar la relación entre interrupciones del servicio o contaminación del agua y la ocurrencia de afectaciones en la salud de la población.

Tabla 37. Representación estadística y gráfica- Pregunta 16

Afectaciones a la salud asociadas a cortes o contaminación



Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Frecuentes	54	29,03%
Ocasionales	82	44,09%
No existen	31	16,67%
No sabe	19	10,21%
Total		100%

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

Análisis de resultado: En la misma encuesta, un 44,09 % de los encuestados cree que hay impactos en la salud por cortes intermitentes del agua, y un 29,03 %, por contaminación del agua. Si sumamos las respuestas de ambos ítems, más del 73 % de los encuestados cree que hay algún impacto en la salud asociado a la operación del sistema.

Estos resultados sugieren que las fallas en la infraestructura se traducen en una serie de impactos en la salud de la población y en un aumento de la vulnerabilidad social, y dan soporte a la implementación de medidas de protección de fuentes, monitoreo de la calidad del agua y desarrollo de planes de respuesta sanitaria para eventos relacionados con deslizamientos.

- **Entrevistas**

Se ejecutaron entrevistas a los técnicos encargados de la obra para tener un mejor enfoque sobre la afectación de un deslizamiento a la infraestructura del alcantarillado y agua potable el número de entrevistados fueron 5 como lo indica en la tabla 31.

Guía metodológica para la aplicación de la entrevista y análisis de resultados

-Primer Cuerpo: Presentación de la entrevista, corresponde al mismo primer cuerpo de la encuesta, en la que se plasma el uso y finalidad de la participación en la herramienta, así como para indicar como se maneja la información.

-Segundo cuerpo: Datos básicos de registro.

Para registro de los participantes se vuelve necesario la implementación de una tabla básica en la cual se registrará la información de los actores claves (focalizados) entrevistados:

Tabla 38. Segundo cuerpo: Formato datos básicos entrevistados

Cargo que desempeña dentro de la institución o sistema
Institución o entidad a la que pertenece.
Años de experiencia en la gestión u operación del sistema
Área geográfica de responsabilidad (sector, SECTOR, parroquia)

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

-Tercer cuerpo: Aplicación de la entrevista.

Previo a la presentación de las preguntas, es primordial establecer quienes se consideró para el desarrollo de la misma, mismas que se reconocieron como muestra de la investigación, debido a que los mismos fueron focalizados.

Población y muestra de la entrevista: Para los fines esperados, la población y muestra estará representada por 5 miembros u actores claves institucionales, mismos se detallan a continuación:

Tabla 39. Información de los actores claves entrevistados

Información de miembros entrevistados			
Institución o entidad a la que pertenece	**Cargo que desempeña dentro de la institución o sistema**	**Años de experiencia en el cargo**	**Área geográfica de responsabilidad (sector, SECTOR, parroquia)**
GAD Municipal-Unidad de Gestión de Riesgos	Analista de Gestión de Riesgos	8 años	Tambán
Empresa Pública Municipal de Agua	Ingeniero de Agua Potable	9 años	Tambán
Contratista Municipal	Jefe de obras	15 años	Tambán
Contratista	Operador de maquinarias	8 años	Tambán
GAD Municipal	Personal de seguridad	15 años	Tambán

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

A continuación, se presentan las preguntas que se diseñaron en la entrevista con el objetivo de recopilar información desde el punto de vista institucional y poder contrastar con la información obtenida en las encuestas, a fin de construir una matriz sólida de vulnerabilidades y plantear estrategias de prevención y mitigación según el contexto de la

localidad, previo al análisis de las respuestas también se argumenta de manera resumida el objetivo o razón de ser de cada pregunta, además es prioritario resaltar que el contador de las preguntas inicia en 5 debido a que las 4 preguntas anteriores forman parte de la información general de cada actor clave entrevistado.

II. Descripción general del sistema de agua potable

5. ¿Cuántos sistemas de agua potable existen en el sector Tambán?

Objetivo: Determinar la cantidad y sistemas operativos para el sector, de esta manera se puede dimensionar la complejidad estructural del servicio y se puede establecer el alcance del análisis de vulnerabilidad y comprender si el riesgo afecta a un sistema único o varios.

Sistematización de información: Las entrevistas coinciden en que el sector cuenta con un sistema principal de abastecimiento que atiende a la población local, aunque se identifican variaciones en la forma en que se administra o distribuye internamente. Esta información consiente dimensionar que la vulnerabilidad no se divide en múltiples sistemas independientes, sino que un evento hostil podría afectar de manera directa a la totalidad del servicio, incrementando el impacto territorial ante deslizamientos.

6. Número de captaciones existentes y tipo de fuente:

Objetivo: Identificar la cantidad y naturaleza de las fuentes de abastecimiento de agua en la localidad, con la finalidad de evaluar el nivel de exposición de las captaciones frente a los deslizamientos y la dependencia del sistema respecto a una o varias fuentes.

Sistematización de información: Los entrevistados señalan la existencia de captaciones de tipo superficial, principalmente asociadas a vertientes o quebradas. La

dependencia de fuentes naturales ubicadas en zonas altas implica una exposición directa a procesos de inestabilidad del terreno y variaciones en la calidad del agua durante eventos de lluvia intensa, lo que incrementa la susceptibilidad del sistema frente a deslizamientos.

7. Ubicación general de las captaciones (parte alta, ladera, quebrada, otra):

Objetivo: Determinar la localización topográfica de las captaciones, y registrar si se encuentran en laderas, quebradas que incrementen la susceptibilidad a eventos de deslizamientos (exposición territorial directa).

Sistematización de información: También se ha comprobado que, a pesar de la elevada disponibilidad del agua en el terreno, las captaciones se han hecho en ladera o en alto, lo que si bien resulta propicio para el abastecimiento por gravedad, presenta un alto grado de exposición geotécnica, ya que los movimientos en masa afectarían tanto a la captación como a los primeros tramos de la conducción.

8. ¿Cuántas plantas de tratamiento de agua potable existen?

Objetivo: Determinar la infraestructura de tratamiento de aguas residuales existente y su capacidad para cumplir con los requisitos de calidad del agua y mantener un sistema resistente en caso de que su capacidad se vea limitada por un evento de deslizamiento de tierras.

Sistematización de información: Las entrevistas dan cuenta que existe una subestructura de tratamiento, pero que opera en función de la estructura y estabilidad del medio, por lo que cualquier intervención en las captaciones o líneas de dirección puede afectar el correcto funcionamiento del sistema de potabilización.

9. Capacidad aproximada de producción de agua (l/s o m^3/día):

Objetivo: Determinar la capacidad operativa del sistema, misma permite analizar el impacto que tendría una reducción del servicio frente a deslizamientos.

Sistematización de información: Los entrevistados reconocen que la capacidad de producción es suficiente en condiciones normales (8-10 l/s), pero puede verse limitada durante eventos asociados a lluvias intensas o daños en la red. Este aspecto es relevante porque evidencia que la vulnerabilidad no solo es estructural, sino también funcional, especialmente en escenarios de interrupción prolongada.

10. Número de tanques de reserva y su ubicación:

Objetivo: Identificar los puntos de almacenamiento estratégico del sistema, los tanques que se encuentran en zonas inestables pueden incrementar la vulnerabilidad estructural y afectar la continuidad del servicio.

Sistematización de información: Se identifican 4 tanques de almacenamiento ubicados estratégicamente para distribución por gravedad. No obstante, algunos se encuentran en zonas elevadas que podrían presentar riesgos de inestabilidad. La afectación de estos componentes comprometería la continuidad del servicio y aumentaría la población impactada.

11. Longitud aproximada de la red de conducción y distribución:

Objetivo: Cuantificar la extensión del sistema de conducción y distribución, una mayor longitud implica mayor exposición territorial y probabilidad de afectación en tramos críticos.

Sistematización de información: Las entrevistas reflejan que la red de conducción y distribución se extiende a lo largo del sector (aproximadamente 5 km), atravesando zonas con pendientes y áreas susceptibles a erosión. Esta extensión

incrementa la probabilidad de daños puntuales en tramos críticos ante movimientos de masa.

12. Material predominante de las tuberías del sistema:

Objetivo: Identificar el tipo de material estructural de la red, permitirá evaluar la resistencia mecánica del sistema frente a esfuerzos generados por movimientos del terreno.

Sistematización de información: El uso de PVC y otros materiales convenidos también se insinúa. Si bien en condiciones normales son funcionales, su baja rigidez relativa bajo esfuerzos provocados por desplazamientos diferenciales del terreno los hace susceptibles a fracturarse.

III. Descripción del sistema de alcantarillado

13. ¿El sector cuenta con sistema de alcantarillado sanitario?

Objetivo: Establecer si existe un sistema sanitario formal que permita determinar el riesgo de las redes en zonas de deslizamiento y su impacto ambiental.

Sistematización de información: Las entrevistas confirman que existe una red de alcantarillado en el sector, por lo que los deslizamientos no solo podrían afectar el sistema de abastecimiento de agua potable, sino también el medio ambiente, a través de colapsos o fugas en el alcantarillado.

14. Longitud aproximada de la red de alcantarillado:

Objetivo: Cuantificar la extensión del sistema, ya que a mayor longitud, mayor será la probabilidad de que se produzcan colapsos o fisuras en zonas de inestabilidad.

Sistematización de información: La red sanitaria se extiende por el área poblada (4 km), atravesando zonas con pendientes. Esto incrementa la exposición a deformaciones del terreno que pueden provocar fisuras o desplazamientos.

15. Número de pozos de revisión existentes:

Objetivo: Identificar puntos críticos de inspección y mantenimiento, los pozos pueden actuar como puntos de debilidad estructural ante eventos de deslizamientos.

Sistematización de información: Los pozos de revisión forman puntos críticos estructurales (entre 30 y 25 pozos). Su presencia es sinónimo de sustento y, también, de zonas susceptibles de sufrir movimientos diferenciales del suelo.

16. Tipo de descarga final del sistema:

Objetivo: Definir el destino de las aguas residuales y evaluar el impacto ambiental en caso de deslizamientos.

Sistematización de información: La certeza en la descarga final hacia cuerpos receptores naturales (quebrada, sin tratamiento) permite que en caso de deslizamientos también se generen otros impactos ambientales si se producen rupturas o reboses.

17. ¿Existen plantas de tratamiento de aguas residuales?

Objetivo: Identificar infraestructura de tratamiento sanitario, permitirá analizar riesgos ambientales y sanitarios asociados a daños estructurales.

Sistematización de información: La infraestructura de tratamiento sanitario es limitada o básica, lo que podría amplificar consecuencias ambientales ante fallas estructurales, debido a que no existe una planta de tratamiento para aguas residuales.

18. Ubicación de los componentes principales del alcantarillado:

Objetivo: Identificar la localización territorial de los elementos clave del sistema en las áreas expuestas a un posible deslizamiento.

Sistematización de información: Los componentes del alcantarillado se mercantilizan en zonas con pendiente y en cercanías a quebradas, debido a su mayor susceptibilidad a la erosión y socavación

IV. Ubicación territorial y exposición a deslizamientos

19. ¿Qué componentes del sistema se encuentran en zonas de ladera o pendientes pronunciadas?

Objetivo: Colocar la infraestructura en las zonas con mayor pendiente para así establecer los segmentos más propensos a tener problemas geotécnicos.

Sistematización de información: Coinciden entre los entrevistados en que los componentes más vulnerables a ladera son la línea de conducción y captaciones, en sectores altos e inestables, y la tubería en la loma y en tramos en ladera inestable.

Esta analogía técnica sugiere que el punto más débil del sistema se encuentra en sus elementos lineales a través de pendientes empinadas, donde es más probable que se rompan o se desplacen por movimientos de masa.

20. ¿Existen tramos cercanos a quebradas, ríos o zonas de socavación?

Objetivo: Identificar los procesos erosionales y de socavación a los que se ha estado expuesto y sus riesgos adicionales de pérdida de soporte.

Sistematización de información: Todos los entrevistados coinciden en que hay tramos próximos a quebradas (en especial en la zona baja del sector), lo cual es un factor adicional de riesgo, ya que la socavación y erosión lateral pueden debilitar el soporte del terreno y, en consecuencia, la estabilidad de las tuberías y sus estructuras

asociadas. La proximidad a cuerpos de agua indica una doble exposición, en pendiente y por erosión.

21. ¿Cuáles considera usted que son los tramos más críticos frente a deslizamientos?

Objetivo: Establecer criterios técnicos que prioricen los sectores más vulnerables para la jerarquización de la actuación preventiva y correctiva.

Sistematización de información: En las respuestas se identifican como los sectores más vulnerables al sistema los tramos de conducción entre la captación y la planta de tratamiento y los que pasan por zonas donde ha habido históricamente deslizamiento de tierra. Existe coincidencia en que el tramo de ladera inestable es el punto más vulnerable del sistema. De esta forma, se puede priorizar el tratamiento de estas zonas donde ya se ha detectado un mal comportamiento geotécnico

22. ¿Se dispone de mapas, catastros o planos georreferenciados del sistema?

Objetivo: Comprobar la disponibilidad de información cartográfica técnica y reforzar el análisis espacial y la planificación.

Sistematización de información: Para dos de los entrevistados, los planos existen en la municipalidad, mientras que otros no tienen información sobre el tema. En resumen, la información técnica está disponible a nivel institucional, aunque no necesariamente a nivel operativo. Esto puede limitar la posibilidad de planificación preventiva, ya que el uso de cartografía técnica es fundamental en el análisis espacial de la vulnerabilidad.

V. Afectaciones históricas y capacidad del sistema

23. Principales daños registrados por deslizamientos en los últimos años:

Objetivo: Identificar patrones de afectación histórica para discernir mecanismos recurrentes de fallo estructural.

Sistematización de información: La opinión generalizada es que las roturas de tuberías y el colapso del sistema de drenaje son los más comunes, con lo que se puede inferir que los elementos lineales son los más propensos a verse afectados por movimientos de masa, y que por consiguiente podrían ser también los más vulnerables de la estructura.

24. Frecuencia con la que se presentan daños relacionados a lluvias o movimientos de masa:

Objetivo: Determinar con qué frecuencia ocurren los eventos y si la vulnerabilidad es recurrente o eventual.

Sistematización de información: de acuerdo con los entrevistados, los daños se producen de una a dos veces por año, en la temporada de lluvias, lo que muestra que la afectación es parte de un ciclo y no una situación esporádica.

25. Tiempo promedio de interrupción del servicio tras un evento:

Objetivo: Determinar la capacidad de recuperación del sistema, para evaluar la resiliencia operativa.

Sistematización de información: En las respuestas, el tiempo de restablecimiento es de 1 a 3 días dependiendo del tipo y magnitud del daño. Esto habla de una capacidad de respuesta intermedia, pero que puede ser mucho mayor en caso de un desastre de mayor magnitud, afectando la continuidad del servicio y la población usuaria.

26. Población aproximada afectada en eventos pasados:

Objetivo: Cuantificar el impacto social de eventos pasados y dimensionar las consecuencias del riesgo.

Sistematización de información: Entre otros eventos, entre 300 y 550 personas han resultado afectadas, lo que muestra que los cortes tienen un impacto social y que la vulnerabilidad no solo es técnica, sino que también es comunitaria.

VI. Gestión, mantenimiento y respuesta

27. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo para zonas críticas?

Objetivo: Comprobar la existencia de acciones anticipatorias y así evaluar la gestión prospectiva del riesgo.

Sistematización de información: A pesar de que algunos entrevistados señalan que existe mantenimiento preventivo y otros no lo conocen, es posible que existan acciones aunque no estén sistematizadas ni socializadas como un plan de mantenimiento para las partes más críticas del sistema.

28. Capacidad técnica y operativa para atender emergencias:

Objetivo: Evaluar la capacidad de respuesta y la vulnerabilidad institucional.

Sistematización de información: La capacidad operativa es describible como media o regular, e incluso "buena, pero con recursos limitados". En este caso se cuenta con personal técnico capacitado, aunque los límites de presupuesto o de equipamiento dificultan una respuesta rápida ante eventos de mayor magnitud.

29. Coordinación con instituciones de gestión del riesgo:

Objetivo: Identificar los niveles de articulación interinstitucional para el análisis de la capacidad de gestión integral del riesgo.

Sistematización de información: Las respuestas dan cuenta que existe cierta coordinación con la gestión de riesgos, aunque no necesariamente de forma permanente o preventiva y con mayor articulación con el GADM y otros actores de emergencia como bomberos o policía. Esto evidencia una oportunidad de mejora en la coordinación interinstitucional para la planificación ante deslizamientos.

30. Principales limitaciones para la prevención y mitigación:

Objetivo: Identificar obstáculos técnicos, económicos o administrativos para poder proponer medidas de mitigación.

Sistematización de información: La mayoría de estas limitaciones son de tipo económico, de equipamiento y de planificación técnica, y afectan a la posibilidad de realizar medidas estructurales de mayor envergadura y de disminución del riesgo existente.

VII. Percepción técnica y propuestas

31. Desde su criterio técnico, ¿cuáles son las principales vulnerabilidades del sistema?

Objetivo: Obtener un diagnóstico técnico especializado o institucional que sirva de validación a los hallazgos de la encuesta y del análisis.

Sistematización de información: Las respuestas se sistematizaron y se encontró un cierto acuerdo en que las principales vulnerabilidades están en la línea de conducción expuesta en ladera, en la cercanía a quebradas y en la fragilidad de las tuberías ante movimientos en el terreno. Hay consenso en que el problema es de ubicación y vulnerabilidad del terreno.

32. ¿Qué componentes considera prioritarios para intervenir?

Objetivo: Identificar infraestructura crítica para priorizar su intervención.

Sistematización de información: Prioridades: captaciones, tramo entre captación y planta, sectores con pendiente pronunciada. Esta jerarquización técnica coincide con la información histórica de daño en el sector.

33. Medidas estructurales recomendadas:

Objetivo: El objetivo de esta fase es recoger propuestas técnicas clave, para considerar en las estrategias de prevención y mitigación.

Sistematización de información: Estas son estabilización de taludes, mejora de drenajes y protección de tuberías en laderas, en las que se busca reducir la vulnerabilidad estructural en los puntos críticos identificados.

34. Medidas no estructurales recomendadas:

Objetivo: Identificar las acciones de gestión, monitoreo y capacitación más adecuadas para una reducción de riesgos integral.

Sistematización de información: La sistematización de la información, el monitoreo, la planificación preventiva y la coordinación son claves para que la mitigación no se limite a la construcción de obras, sino que se estructure sobre una gestión con enfoque preventivo y de riesgos.

35. Comentarios adicionales relevantes para el estudio:

Objetivo: Un tema que no haya sido abordado en preguntas anteriores.

Sistematización de información: Las observaciones finales demuestran la necesidad de una intervención integral, que contemple obras de ingeniería, mantenimiento periódico y fortalecimiento institucional, ante la probabilidad de que las afectaciones se repitan año con año.

4.3.2. Matriz de identificación de vulnerabilidad y estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable u alcantarillado

Tabla 40. Matriz de identificación de vulnerabilidad y estrategias de prevención y mitigación

Matriz de identificación de vulnerabilidad y estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos						
Vulnerabilidades	**Tipo de dimensión**	**Causa central de la vulnerabilidad identificada**	**Estrategias de prevención**	**Estrategias de mitigación**	**Institución responsable**	**Instituciones colaboradoras**
MEDIDAS ESTRUCTURALES						
Cambios de cobertura vegetal o deforestación en zonas de recarga y laderas cercanas al sistema.	Ecológica	Disminución en la estabilidad superficial y aumento de la escorrentía; pérdida	Programas de reforestación con especies nativas y manejo del suelo en laderas	-Bioingeniería: barreras vivas-fajinas– revegetación de taludes-en vez de	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, MAATE, Prefectura de

		de tejido radicular que proporciona cohesión.	(acuerdos comunitarios).	obras de infraestructura. -Retención menor de escorrentía (ej., zanjas de infiltración, albarradas menores donde sea necesario).		Bolívar, comunidad.
Taludes cortados por intervención humana sin estabilización o drenaje moderado.	Técnica – Ecológica	Excavaciones y obras sin control geotécnico; falta de defensorías posteriores.	- Regular y supervisar los cortes y excavaciones en laderas (permiso del municipio y mínimo criterio	Estabilización del talud con el drenaje superficial y subsuperficial, protección con geomanta y	GAD Municipal de Chimbo	Prefectura de Bolívar, Junta Administradora de Agua Potable

		técnico). -Se demande que se haga el drenaje y talude bien la obra (bancadas , pendiente segura).	revegetación. - Muros livianos y gaviones donde se quiera bien. Realización de obras y seguimiento (fisuración, asentamiento) previo y durante al menos el primer invierno luego de las obras."		
Captaciones localizadas en laderas o alturas con fuerte	Física	Física en orden de prioridad de gravedad	- Calcular el área de	Drenajes de coronación y	Junta Administrador	GAD Municipal de

pendiente (vulnerabilidad a procesos de masa superiores).	sin evaluación geotécnica del talud	protección de la toma y prohibir actividades en la pendiente. Investigue (para prefactibilidad) un sitio alterno como fuente o lugar de respaldo en una zona menos vulnerable. Supervise antes de otoño: las grietas, los	drenes (subdrenes y zanjas drenantes) para controlar la saturación. - Bioingeniería de los taludes (revegetación con raíces profundas, fajas y sólo si es necesaria mallas y geomantas). Contiendas y pollinos, defensa física de la obra captada	a de Agua Potable	Chimbo, Prefectura de Bolivar, Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos

			asentamientos para filtrar, y el estado de los drenajes.	(conducción, disipación de energía, protección de accesos). "		
Las estructuras de captación están sometidas a la turbidez y sedimentos generados por las lluvias	Técnica	Falta de obras de protección (desarenadores, disipadores) y manejo de sedimentos en clima inestable. Microcuenca: revegetación, cercas vivas, manejo de escorrentía y caminos	Protocolo en días de lluvia: observación visual de la turbidez y cierre si se supera el límite. - Limpieza de rejillas y cajas de captación en invierno. Diseño	Mejorar el pretratamiento: rejillas, bypass para purgar sedimentos, puntos de limpieza.- Ajustar la operación de potabilización en eventos (mayor	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Ministerio del Ambiente, Prefectura de Bolívar.

		para el control de la erosión.	y desarrollo de un desarenador o cámara de sedimentación antes de conducción.	limpieza y control de cloración)."		
En algunos tramos, el trazado atraviesa laderas inestables.	Física	Antigua traza, sin zonificación de susceptibilidad, por pendientes y laderas inestables.	- En ampliaciones y reposiciones, reubicar trazado alejándolo de laderas inestables (trazado por divisorias y terreno firme).	-Estabilización puntual del talud adyacente a la conducción (drenaje y protección superficial). -Instalación de anclajes y bloques de reacción en las	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			- No atravesar coronas y pies de talud salvo en caso de diseño específico. - Definir tramos críticos en croquis técnicos y establecer prioridades de intervención.	curvas y puntos de esfuerzo. -Instalación de pasos protegidos (encamisado y ductos) en zonas de posible deformación.		
Sin protección mecánica o encamisado de la línea de conducción en tramos críticos de ladera.	Técnica – Física	- Física convencional, sin medidas para laderas (protección, anclajes, encamisado).	- En especificaciones de obra: encamisado y ductos en tramos	-Encamisado (ducto) o protección con losa y canaleta protectora y	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			de ladera considerados como críticos. -Establecer criterios homogéneos de protección, como profundidad mínima y señalización de tramos sensibles para futuras reparaciones.	geotextil para evitar abrasión y exposición. -Reenterrado en una cama de material seleccionado y compactado. - Construir cunetas de guardia para desviar la escorrentía de la zanja de tubería.		
Tuberías con uniones y materiales sensibles a	Técnica	Uso de materiales rígidos y uniones no	Incluir juntas flexibles,	-Instalar ventosas en los puntos altos	Junta Administrador	GAD Municipal de

desplazamientos diferenciales del terreno.	diseñadas para deformaciones del terreno en movimientos en masa.	acoples de reparación y válvulas para sectorizar y disminuir esfuerzos. -Pressure control (reducing valves) in the high loaded sections. - Strengthening of critical points using clamps and repair pieces and stock of materials for	y desagües en los puntos bajos para evitar sobrepresiones. - Diseñar "curvas" y holguras (loops) que permitan la deformación sin falla.	a de Agua Potable	Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			urgent interventions.			
- Profundidad de cobertura y cama de tubería insuficientes en zonas con pérdida de material (tubería expuesta)	Física – Técnica	Erosión por técnica, pérdida de material por deslizamiento y ausencia de rellenos controlados y obras de contención.	- Definir normas de profundidad de cobertura (profundidad y cama) en tramos expuestos y en futuros trabajos de repavimentación . -Controlar la excavación no socavando la zanja, proteger el	- Muros livianos o gaviones pequeños donde el talud pierde material. -Trazo desviado si la pérdida de material se repite.	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			relleno, reenterrar, cubrir con material seleccionado y geotextil, conformar berma de protección.			
Red de distribución de agua en microzonas de diferente geotecnia (heterogeneidad).	Física – Técnica	- Técnica. Sistema que crece en forma paulatina sin volver a ser diseñado en forma total por susceptibilidad y que se mantiene en forma sectorizada. - Sectorizar la red	-Incorporar en ampliaciones criterio de susceptibilidad y de "rutas seguras" para tuberías. - Georreferenciar (aunque sea en	-Priorizar el refuerzo en microzonas más vulnerables (encamisado, anclajes, drenaje). Instalar más válvulas	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Ministerio del Ambiente, Prefectura de Bolívar.

		(bloques hidráulicos) para acotar la falla por tramo y la afectación.	croquis) el inventario de tramos según condición del terreno.	seccionadoras para garantizar una mayor continuidad del servicio. -Reubicar puntos vulnerables con derivaciones cortas en terreno más estable.		
Cercanos a quebradas/ríos: Socavación/erosión lateral.	Física – Ecológica	Socavación reduce soporte; dinámica hidráulica aumenta inestabilidad y exposición de tubería.	-Evitar futuras instalaciones paralelas al cauce; definir franja mínima de retiro.	-Evitar futuras instalaciones paralelas al cauce; definir franja mínima de retiro.	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Agua y Transicion Ecologico,

			- Coordinación con el GAD para manejo de riberas (no extracción de soporte, desvíos sin diseño).	- Coordinación con el GAD para manejo de riberas (no extracción de soporte, desvíos sin diseño).		Prefectura de Bolívar.
Alcantarillado en quebradas y laderas de (doble exposición).	Física – Ecológica	Clasificaciónleria de acuerdo a la topografía y drenajes naturales; En ampliaciones, largueros fuera de la zona de socavación y taludes activos	Verificación de conexiones inadecuadas de aguas pluviales al sanitario (disminuye picos); - Rehabilitación estructural	Normalmente protección ribereña y tramos intervenidos (gaviones, losas de protección). - Estabilización de pozos: cercano a la quebrada	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			puntual (manga y jardeo) en segmentos con deformaciones..	(fondo, collarín, empaques).		
Deficiencia en drenaje superficial (cunetas, canaletas) en zonas críticas de ladera.	Técnica – Ecológica	Infraestructura de drenaje insuficiente para escorrentía en lluvias; concentración de flujos en talud.	-Diseñar drenaje superficial continuo (cunetas revestidas) con descargas controladas y disipadores. -Inspección y mantenimiento de drenajes de ruta fija, antes de	Construcción y rehabilitación de cunetas, canaletas, bajantes y disipadores en descargas. -Subdrenes en sectores con humedades. - Suavizar pendientes para	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			la época invernal. -	evitar la concentración de escorrentía en la zanja de la tubería.		
Condición: Frecuentes obstrucciones por sedimentos/vegetación de drenajes/cunetas.	Técnica – Ecológica	Mantenimiento preventivo limitado por arrastre durante lluvias.	Programa comunitario-municipal de limpieza pre-invierno y post-evento (roles y fechas). - Residuos: puntos de disposición y señalización en	- Limpieza mecánica y manual periódica y eliminación de sedimentos. -Instalación de rejillas y trampas de sólidos en las bocas de cunetas. - Reperfilado de cunetas	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			lugares de taponamiento de cunetas.	colmatadas para recuperar su sección hidráulica.		
Fugas en la red de agua potable que influyen sobre la saturación del suelo y la presión de poros.	Técnica – Institucional	Institucional: envejecimiento de las tuberías y escasa detección de fugas; mantenimiento correctivo.	- Detección sistemática de fugas (inspección nocturna, balance simple por sectores, reportes comunitarios). - Rehabilitación de tramos con fallas recurrentes	- Reparación de fugas en laderas (alta prioridad) - Control de presión en algunos tramos mediante válvulas reductoras de presión. - Sellar y compactar adecuadamente	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			(prioridad laderas) laderas). - Reparación de fugas en laderas (alta prioridad).	las zanjas para evitar la formación de caminos preferenciales.		
Filtraciones del alcantarillado (fisuras, juntas, pozos) que infiltran al subsuelo.	Técnica – Ecológica	Fisuras y daños por asentamientos diferenciales; rehabilitación insuficiente; infiltración/exfiltración.	-Inspección preventiva de colectores y pozos (revisión visual, pruebas simples de infiltración donde sea posible). - Sobrecarga controlada,	- Sellado de juntas y fisuras, mediante morteros especiales y recubrimientos impermeables. -Rehabilitación de tramo con manga y encamisado o	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar.

			evitando el ingreso de aguas lluvias al sanitario mediante campañas y control de conexiones.	reemplazo puntual. -Reparación de pozos con anillos y collarines y mejora de base para evitar asentamientos.		
Susceptibilidad del alcantarillado a taponamientos por sedimentos y arrastre de sólidos.	Operativa – Técnica	- Sedimentos y sólidos en el agua de lluvia. - Insuficiente limpieza preventiva. - Pérdidas de pendiente hidráulica.	-- Programar limpiezas preventivas en puntos que se taponan periódicamente (antes de la	- Instalación de cámaras y trampas de sedimentos en los puntos de entrada de material. -Hidro-limpieza o varillado	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar, Ministerio de Salud Pública.

			temporada invernal). - Control comunitario de los vertidos (grasas, sólidos) y educación sobre el uso del sistema.	correctivo posterior a las lluvias. - Revisar los pendientes y corregir donde el flujo sea lento.		
Sistema de alcantarillado con capacidad hidráulica limitada y propenso a reboses en época de lluvias.	Técnica – Operativa	Sobrecarga por lluvias e infiltración; obstrucciones; limitaciones del diseño y mantenimiento.	-Plan de control de aportes pluviales: desconexión progresiva de bajantes hacia el sanitario.	Ampliación de diámetro o by-pass en los tramos más críticos. -Alivios controlados (donde la	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar, Ministerio de Salud Pública.

			-Considerar el diámetro y pendiente en las ampliaciones según picos invernales.	normativa lo permita) con manejo sanitario temporal. - Sellado de infiltraciones que aumentan el caudal base.		
Puntos rígidos de posible deformación del terreno en ladera (pozos de revisión).	Física – Técnica	No se han construido estructuras rígidas en terreno deformable, remodelaciones o estabilización en puntos; los nuevos pozos se localizan fuera de coronas y pies	-Estándar de construcción: base mejorada, compactación y control de infiltraciones.	-Refuerzo de pozos existentes: collarín de concreto armado y reparación de anillos.	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar, Ministerio de Salud Pública.

		de talud y en terreno competente.		- Trabajos de acondicionamiento de la base (encachado y loseta) para redistribuir las cargas. - Drenaje perimetral en caso de humedades.		
Tanques y algunas obras en lugares altos sin estudio ni estabilización de taludes.	Física – Técnica	Problemas de diseño: selección de sitios por gravedad sin análisis de estabilidad del talud; drenajes	Estabilidad de taludes evaluados en el área de la piscina antes de la expansión/carga.	Dren perimetral y zanja de coronación. Muros de contención y gaviones en	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Prefectura de Bolívar,

		inapropiados alrededor.	Escorrentías y drenajes para drenar sudor alrededor del tanque, para prevenir la saturación del talud.	taludes donde sean necesarios. Control de fisuras (pointers), control de juntas y estructuras del tanque.		Ministerio de Salud Pública.
MEDIDAS NO ESTRUCTURALES						
No hay microzonificación de susceptibilidad a deslizamientos para el trazado y priorización de obras del sistema.	Técnica – Institucional	Limitación de los estudios geotécnicos y de la cartografía de riesgo aplicada al sistema sanitario.	Manejo de microzonificación simplificada (mapa de susceptibilidad) junto a GAD,	-Reubicar los trazos y seleccionar los sitios donde se realizarán las obras (tanques y	GAD Municipal de Chimbo	Juntas Administradora de Agua Potable, Prefectura de Bolivar,

			Provincia y Universidad. -Incluir el mapa en la priorización de obras y mantenimiento anual	captaciones) a partir de la microzonificación. -Definir 'tramos rojos' con acciones inmediatas (drenaje, protección, monitoreo).		Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.
- Existe información técnica (planos, catastro) no socializada con el equipo operativo y la comunidad.	Institucional – Técnica	Socializar planos y catastro mediante taller corto con operadores y dirigentes (lectura de	- Institucional - Técnica: Gestión documental centralizada; limitada difusión	- Elaborar carpeta y archivo de operación: planos, listado de	Junta Administradora de Agua Potable	GAD Municipal de Chimbo, Secretaria Nacional de

		croquis, ubicación de válvulas)	y capacitación sobre el catastro del sistema. - Realizar croquis A3 versión simplificada para uso en campo y en caso de emergencia.	válvulas, procedimientos. -Señalización en campo de válvulas y otros puntos relevantes para respuesta. -Catastro. Se actualiza anualmente con las modificaciones.		Gestión de Riesgos.
Se realiza monitoreo comunitario, pero no se articula formalmente con el	Social – Institucional	- Institucional No hay procedimientos, canales y responsables de escalar los alertas	- Contar con un protocolo simple (quien reporta, a quien, en cuanto	- Articular con monitoreo técnico, en caso de reporte de	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos	Junta Administradora de Agua Potable, GAD

monitoreo técnico y protocolos de alerta.		de monitoreo comunitario	tiempo) y canal único (WhatsApp y llamada). - Capacitar a líderes comunitarios en señales tempranas y su reporte..	grietas y/o hundimientos, una visita de verificación en un plazo menor a 24h. • Implementar medidas temporales (tales como el cierre de válvulas, señalización y restricción del paso), mientras se procede a la evaluación.	de Bomberos de Chimbo.

				• Bitácora de reportes para priorizar obras.		
Poca instrumentación técnica (marcadores, control de grietas, caudales/turbidez) en puntos críticos	Técnica – Institucional	Restricciones en recursos y tiempo de respuesta, falta de equipamiento y rutina de control.	- Baja inversión en monitoreos. - Testigos de yeso y placas de control de grietas. - Estacas de referencia y plomadas. - Se realizan tomas semanales en invierno (fotografía y medición) y	- Instalación de puntos de control (marcadores) en tramos críticos y actualización del mapa de riesgo. -Alarmas comunitarias simples (sirena y megáfono), que se activan al superar umbral.	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

			mensuales en verano. - Control de operación (mediciones de turbidez y caudales en captación durante eventos).	-Mantenimiento correctivo inmediato en caso de que se detecte un aumento de la aceleración (fisuras, fugas, hundimientos).		
Fase 1: Plan de contingencia informal o no aplicado (débil continuidad operativa).	Institucional	Ausencia de formalización, entrenamiento y simulacros; planificación centrada en reacción.	- Formalizar el plan: roles (Junta y GAD), vías de cierre de válvulas, abastecimiento	--Implementación de kits de emergencia: acoples, abrazaderas, válvulas, otros primarios, cloro.	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

			alterno, comunicación. - Simulacro anual antes del invierno y revisión post-simulacro. -Actualización anual y socialización.	- Puntos oficiales de abastecimiento y cloración en emergencia. -Realizar una evaluación posterior al evento y actualizar el plan en función de lo aprendido.		
Baja coordinación preventiva con instituciones de gestión del riesgo (gobernanza limitada).	Institucional – Política	Articulación insuficiente para prevención y mitigación; coordinación más	Convenio de coordinación preventiva (reunión trimestral) entre	-Activar mesas técnicas en previo a la etapa invernal para priorizar	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos	Junta Administradora de Agua Potable, GAD

		reactiva que prospectiva.	Junta y GAD y Unidad de Riesgos. -Incluir el sistema de agua y alcantarillado en los planes cantonales de GRD y en los planes de lluvia.	taludes y drenajes. -Administración conjunta de recursos (maquinaria, combustible, etc.) en caso de alertas. -Coordinación de comunicación oficial para evitar la desinformación durante eventos.		de Bomberos de Chimbo.
Mediana o regular capacidad operativa de respuesta a emergencias.	Institucional – Operativa	Personal, maquinaria, repuestos, logística,	-Inventario y 'lista mínima' de repuestos críticos	-Maquinaria (retroexcavadora) contratada y lista	Secretaria Nacional de	Junta Administradora de Agua

	accesos afectados por lluvias.	en stock (acoples, válvulas, abrazaderas). -Entrenamiento operativo en reparaciones rápidas y seguridad en laderas. - Pasos y puntos de acumulación marcados antes de que llegue el invierno.	para operar, en la temporada anterior. - Brigadas de respuesta con turnos y contactos. -Prioritización del restablecimiento en sectores críticos (vitales básicos como centros de salud o escuelas si aplica).	Gestión de Riesgos	Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

Mantenimiento preventivo en zonas críticas no suficiente y no sistemático. Institucional.	Institucional – Técnica	Observaciones: recursos limitados, priorización de correctivos y accesos complejos en temporada de lluvias.	- Plan anual de mantenimiento por componente (captación, conducción, drenajes, alcantarillado) y cronograma. - Local: % cunetas limpias, nº fugas reparadas, nº pozos limpiados.	Mantenimiento en puntos críticos (limpieza cunetas, desarenadores, pozos) y registro. -Inspección posterior a la lluvia para intervención inmediata. -Auditoría comunitaria básica (veeduría) para asegurar el cumplimiento.	Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

Estructuras (muros/estabilización/drenajes) de cobertura parcial en relación al problema	Física – Técnica – Institucional	Intervención puntual, sin solución integral por ladera/cuenca y con baja inversión. Priorización de áreas de riesgo en tramos 'rojos' (ladera, quebrada, historial de fallas).	- GAD, MIT si corresponde: proyectos (fichas) de financiamiento de las obras de estabilización por etapas, drenajes, protección de la superficie, contenciones, donde corresponde.	- Trasladar secciones donde la estabilización no es factible o resulta muy costosa. -Mantenimiento de las obras ejecutadas (gaviones, muros) de forma que sigan cumpliendo su función.	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

Estructural. En condiciones malas o muy malas para una parte importante de los usuarios.	Física – Técnica	Deterioro acumulado. Necesidad de reparaciones frecuentes. Fragilidad de uniones y elementos envejecidos.	Acumulación de deterioros, frecuentes reparaciones, fragilidad de uniones y elementos envejecidos.	Diagnóstico técnico rápido por tramos (inspección, registro fotográfico, priorización) para plan de rehabilitación.	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.
Alta exposición temporal: más frecuentes aludes en invierno (ene-abr).	Institucional – Ecológica	Ecológica: incrementa las lluvias la saturación; la planificación operativa no siempre tiene anticipado el periodo crítico.	Planifique con anticipación para antes de la temporada invernal (nov-dic): limpie los drenajes y pozos	Intensifique la supervisión y la capacidad de respuesta (equipo de guardia) durante las lluvias torrenciales.	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

			de inspección; inspeccione la captación y los puntos conflictivos. Reforzar la vigilancia de la hoja de ruta, responsables de enero a abril (iniverno).	Posicionar materiales y cloro antes de tempordales invernales o extados históricos de eventos. Coordinación con las alertas meteorológicas municipales y provinciales, en su caso.		
Escasa capacidad para almacenar en los hogares	Social – Económica	Problemas económicos y de infraestructura	Campaña para almacenamiento seguro (tapa,	Distribución planificada en	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua

durante los cortes (baja autonomía del agua)		doméstica; poca preparación ante las interrupciones. -	limpieza) y promoción de envases adecuados. -Incentivos locales (gestión con GAD) para tanques básicos en el más pobre de los hogares.	emergencia con puntos seguros. -Distribución y uso de pastillas de cloro o guías de cloración en el hogar. -Para competir los hogares sin almacenamiento para suministrar alterno."		Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.
Dependencia de suministro alternativo informal/externo (tanqueros, compra, vecinos) sin planificación.	Social – Institucional	Ausencia de plan formal de abastecimiento alterno y puntos seguros;	-Establecer puntos fijos de distribución y comunicación	-– Instalación temporal de tanques comunitarios	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD

		logística dependiente. -Formalizar esquema de abastecimiento alterno: rutas de tanqueros, horarios, responsables, control sanitario.	oficial a la comunidad. - Convenios con tanqueros autorizados y control de cloro residual.	(bladders y tanques plásticos) en cortes prolongados. -Registro de entregas para garantizar "cobertura equitativa."		de Bomberos de Chimbo.
Institucional: Exposición sanitaria: prácticas de abastecimiento alternativo con riesgo de calidad (río/quebrada) y afectaciones a la salud.	Social – Institucional	Consumo de agua no tratada y limitación de higiene durante cortes/contaminación; control sanitario limitado. -Educación sanitaria: hervir y	- Protocolo con MSP y Salud local para vigilancia de enfermedades hídricas en temporada. -	- Control de reboses y limpieza sanitaria post-evento. - Conocimiento comunitario: medio (bajo/nulo	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

		clorar, almacenamiento higiénico, manejo de excretas en emergencia.	Distribución de cloro/hipoclorito y medición rápida de cloro residual en puntos de entrega. -Establecer puntos de lavado de manos temporales donde sea posible.	conocimiento = brecha educativa). -		
Social - Educativa: deficiente formación y baja difusión técnica de señales y medidas;	Social – Educativa	- Programa anual de capacitación comunitaria (antes del	- Programa anual de capacitación comunitaria	--Talleres de cloración y almacenamiento.	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua

por fortalecer cultura preventiva.		invierno) sobre señales, rutas y acciones para tener acceso al agua segura.	(antes del invierno) sobre señales, rutas y acciones para tener acceso al agua segura.	-Una evaluación corta para medir la mejora en el conocimiento.		Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.
Normalización de señales de inestabilidad sin un protocolo formal de reporte (grietas, inclinaciones, hundimientos).	Social – Institucional	Institucional Aunque se reconocen señales, no siempre hay un canal formal para activar la respuesta temprana.	-Definir umbrales de reporte (tamaño en cm de la grieta, inclinación visible, turbidez extrema) y difundirlos. -Señalización en	-Activación inmediata del protocolo: inspección técnica, señalización y restricción de paso. -Cierre preventivo de	GAD Municipal de Chimbo	Junta Administradora de Agua Potable, GAD de Bomberos de Chimbo.

			puntos críticos (qué observar, a quién llamar).	válvulas en tramo si hay deformación. -Intervenciones temporales: canalizar escorrentía, relleno y compactación de emergencia.

Matriz de identificación de vulnerabilidad y estrategias de prevención y mitigación para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos

Vulnerabilidades	Tipo de dimensión	Causa central de la vulnerabilidad identificada	Estrategias de prevención	Estrategias de mitigación
MEDIDAS ESTRUCTURALES				

Cambios de cobertura vegetal o deforestación en zonas de recarga y laderas cercanas al sistema.	Ecológica	Reducción de estabilidad superficial y aumento de escorrentía; pérdida de raíces que confieren cohesión.	-Programa de reforestación con especies nativas y manejo de suelos en laderas (acuerdos comunitarios). -Control del cambio de uso de suelo en zonas críticas (ordenanzas y actas comunitarias).	-Bioingeniería: barreras vivas, fajinas, revegetación en taludes sobre la infraestructura. -Obras pequeñas de retención de escorrentía (zanjas de infiltración, albarradas menores donde aplique). -Mantenimiento de áreas reforestadas (reposiciones).
Cortes de talud realizados por actividad antrópica sin estabilizar ni drenar.	Técnica – Ecológica	Excavaciones y obras que carecen de control geotécnico; ausencia de trabajos de estabilización posteriores	Realizar y supervisar cortes, cercenamientos en terreno, desniveles, excavaciones en laderas (permiso local y criterio técnico mínimo). -Ejecutar tratamiento de drenaje y taludado en las	-Drenaje superficial y subsuperficial y protección (geomanta, revegetación) para la estabilización del talud afectado. -Paredes ligeras y gaviones donde sea necesario.

			obras (estepas, pendiente segura).	-Post-monitoreo de obras ejecutadas (fisuras y asentamientos) “al menos por una temporada invernal.
Captaciones localizadas en laderas o cotas altas con pronunciadas pendientes (alta exposición a movimientos en masa).	Física	Selección y localización de fuentes basado en gravedad sin análisis geotécnico detallado del talud.	-Establecer la franja barrera de la captación y limitar trabajos en la ladera. -Evaluar (a nivel de prefactibilidad) una captación alternativa o punto de respaldo en área menos vulnerable. -Programar inspección antes del invierno: fisuras,	-Proceder con la construcción de drenajes de coronación y otros (subdrenes y zanjas filtrantes) para disminuir la saturación. Biongeniería de taludes (revegetación con raíces profundas, fajinas) y cuando corresponda, mallas y geomantas. -Protección física de captación (encauzamiento, disipación de energía, protección de accesos)."

			hundimientos, infiltraciones y estado de los drenajes.	
Captación expuesta a incremento de turbidez, sedimentos durante lluvias.	Técnica	No existen obras de protección (desarenadores, disipadores) o manejo de sedimentos en un ambiente inestable.	Control de erosión en la cuencas menores: revegetación, cercas vivas, manejo de escorrentía y caminos. -Protocolo para eventos de lluvia: observación visual de turbidez y cierre preventivo si se excede el límite. -Después de la temporada, mantenimiento preventivo a rejillas y cajas de captación antes del invierno.	-Diseñar, construir y optimizar un desarenador o cámara de sedimentación previa a conducción. -Mejorar pretratamiento: rejas, bypass para purga de sedimentos, puntos de limpieza. -Ajustar tratamiento de agua potable: en el evento (mayor limpieza y vigilancia de la cloración). "

Señal Linea de tension en laderas con evidencias de inestabilidad en varios tramos.	Física enfocada	Trazado histórico sin zonificación, paso por pendientes y laderas inestables. -	-Cuando se coloquen ampliaciones o repeticiones en el lugar, se deberá modificar la trazada y apartarla de las laderas inestables (trazado por divisorias y por terreno firme). -A Aplicar criterio de “no pasar por coronas y pies de talud”, excepto diseño específico. -Identifique tronco en el croquis técnico que se detallará para poder priorizar intervenciones.	-Estabilización puntual del talud colindante con la conducción (drenaje y protección superficial). Anclajes y bloques de reacción deben ser colocados en los cambios de dirección y puntos de esfuerzo. -Instale pasos protegidos (encamisados y ductos) en áreas de deformación prevista."

Conducción sin mecánica o recubriento en partes críticas de la ladera.	Técnica – Física	Diseño y realización tradicional sin consideraciones para ladera (protección, anclajes, encamisado).	Agregar en especificaciones de obra: encamisado y ductos en tramos de ladera catalogados como críticos. Para futuras reparaciones estandarizar el criterio de protección: profundidad mínima y señalización de tramos sensibles. -	Encamisado (ducto) o cubrimiento con losa y canaleta protectora y geotextil, para evitar abrasión y/ exposición. -Reenterrar con cama de material selecto y compactación controlada. -Construya cunetas de guardia para mantener la escorrentía alejada de la zanja de tubería".
Tuberías con juntas y materiales propensos a movimientos diferenciales del suelo.	Técnica	Utilización de materiales rígidos y uniones que no están concebidas para deformaciones del suelo en movimientos masivos.	Migración progresiva a tuberías más flexibles en reposiciones, anteponiendo laderas. -Agregar juntas flexibles, boot repair y válvulas para	-Refuerzo de uniones criticas con abrazaderas y elementos de reparacion; stock de materiales para respuesta rapida. Coloque ventosas y aireadores en los puntos altos y bajos para

				conectar el sector y minimizar los esfuerzos. Control de presión (valv. reductoras) en tramos de alta carga.	mitigar la presión excesiva. - Diseñar “curvas” y holguras (loops) para permitir deformación sin rotura."
Insuficiente profundidad y cobertura de tubería en sectores de desmoronamiento de taludes (tubería queda a la vista).	Física Técnica	–	Erosión, deslizamiento y pérdida de cobertura; no existen rellenos controlados ni obras de contención.	Establecer estándar de enterramiento (profundidad y cama) para los tramos expuestos y en reposiciones futuras. -Verificar las excavaciones próximas (sin horadar la zanja) y proteger el relleno.	Reenterrar y recubrir con material seleccionado más geotextil; formar berma de protección. - Muros livianos o gaviones pequeños donde el talud pierde material. -Desvío puntual del trazado si la pérdida de material se vuelve recurrente."
Distribución a través de múltiples microzonas con diferentes	Física Técnica	–	Expansión "incremental" del sistema sin rediseño	-Sectorizar la red (bloques hidráulicos) para poder	-Fortalecer primero a los tramos en microzonas más susceptibles (encamisado, anclajes, drenajes).

condiciones geotécnicas (heterogeneidad del suelo).		general por susceptibilidad; Mantenimiento fragmentado.	aislar fallas por tramo y disminuir el área afectada. -Incluir, en las extensiones, un criterio de susceptibilidad y "rutas seguras" para las cañerías. -Conservar un inventario georeferenciado (pueden ser croquis) de tramos según tipo de suelo.	-Instalación de válvulas adicionales para mejorar la continuidad del servicio. -Relocalizar puntos débiles con recorrerlos localmente (desvíos cortos en un terreno más firme). "
Tramos de red (agua) adyacentes a quebradas/ríos con procesos de socavación y erosión lateral.	Física – Ecológica	Socavación el soporte; la dinámica hidráulica aumenta la instabilidad y exposición de la tubería. -	Evitar instalaciones paralelas futuras al cauce; definir franja mínima de retiro. -Coordinar con el GAD actividades de manejo de	--Protección de margen con gaviones y enrocado y control de erosión en talud de ribera. -Cruces de quebrada con estructura elevada o encamisado reforzado, con anclajes.

			ribera (no quitar soporte, no desviar cauce sin diseño).	-Reubicación del tramo fuera del radio de socavación cuando sea posible."
Tramos de alcantarillado situados en áreas de pendiente y proximidad a quebradas (doble exposición).	Física Ecológica	–	Siguiendo topografías y drenajes naturales; sin protección contra la socavación	En las viviendas de la mancha urbana, ejecutar colectores fuera del área de socavación y de los taludes activos. -Detección y control de conexiones directas al sanitario (mitiga picos). - -	Rehabilitación estructural localizada (manga y encamisado) en tramos deformados. -Control de erosión en cauces y tramos a cielo descubierto (gaviones, losas de protección). -Armado de pozos próximos a quebrada (base, collarín, sellos)."
Inadecuado sistema de drenaje superficial (cunetas, canaletas) en áreas críticas de ladera.	Técnica Ecológica	–	Un sistema de drenaje para la escorrentía pluvial, que es muy concentrado a lo largo del talud, que haga	Diseñar un drenaje superficial uniforme (cunetas acompañadas) con descargas controladas y disipadores.	-Construcción y rehabilitación de cunetas, canaletas y bajantes ; disipadores en descargas. -Subdrenes en áreas de humedad persistente.

		posible su conducción segura.	-Anexar en mantención una ruta fija de inspección de drenajes previa a la temporada de lluvias.	-Correcciones a las pendientes para que no concentre agua sobre la zanja de tubería."
Con efectos adversos sobre el caudal y signos de sedimentación y crecimiento vegetal en las conducciones y lluvias de suelo sobre cunetas.	Técnica – Ecológica	Mantenimiento preventivo del y franja de drenaje se mantiene mínimo rastrillando.	-Programa comunitario-municipal de limpieza en pre-invierno, en post-evento: fechas y roles. -Control de residuos: y cubos para depositar en las cunetas (en las zonas donde se tapan).	Gestión de residuos: puntos de disposición, señalización en lugares que tapan cunetas. Limpieza mecánica y manual periódica y retiro de sedimentos. -Instalación de rejillas y trampas de sólidos en bocas de cunetas. -Reperfilado de las cunetas colmatadas para recuperar sección hidráulica."
Fugas en la red de agua potable que contribuyen a la saturación	Técnica – Institucional	Envejecimiento de las tuberías y escaso	-Detección sistemática de fugas (inspección nocturna,	-Reparación inmediata de fugas en zonas de ladera (prioridad alta).

del suelo y a la presión de los poros.		control de fugas; mantenimiento correctivo predominante.	balance simple por sectores, reportes comunitarios). -Reemplazo planificado de tramos con fallas repetidas (prioridades laderas).	-Control de presión con válvulas reductoras en sectores críticos. -Sellado y compactación correcta de zanjas para no dejar caminos preferenciales de infiltración."
Fisuras, juntas, pozos de agua del alcantarillado que se infiltran hacia el subsuelo	Técnica – Ecológica	Grietas y daños estructurales por asentamientos diferenciales; rehabilitación insuficiente; infiltración/exfiltración	Revisión preventiva de colectores y pozos (inspección visual, pruebas sencillas de infiltración en la medida de lo posible). -Control de sobrecargas (evitar aguas lluvias al sanitario; campañas y control de conexiones).	-Sellado de juntas y fisuras con morteros especiales y recubrimientos impermeables. -Reabilitación de tramo con manga y encamisado o sustitución localizada. -Reparación de pozos con anillos y collarines y mejora de base para evitar asentamientos."

Susceptibilidad de las alcantarillas para obstruirse por el aporte y arrastre de material sólido.	Operativa – Técnica	Penetración de sólidos y sedimentos con lluvias; limpieza preventiva insuficiente; pendientes hidráulicas alteradas.	Desobstrucción preventiva programada en puntos donde se tapa históricamente (antes del invierno). -Control comunitario de vertidos (grasas, sólidos) y educación en el uso del sistema.	-Instalar cámaras y trampas de sedimentos en los puntos de ingreso de material. -Limpieza con varillas o hidrolavado correctivo tras las lluvias. -Revisar pendientes y nivelar si hay zonas de flujo lento."
Capacidad hidráulica para alcantarillado pluvial susceptible de reboses en temporada de lluvias.	Técnica – Operativa	Agua de lluvia e infiltración; obstrucciones; limitaciones en diseño y mantenimiento.	Drenjes pluviales: Plan de desvíos para el abandono de caudal hacia el sanitario. -Revisar diámetros y pendientes para ampliaciones atendiendo a picos en invierno.	-Expansión de diámetro o instalación de by-pass en tramos críticos. -Alivios controlados (dado el caso la moneda lo permita) con manejo sanitario temporal.

				-Sellado de infiltraciones que aumentaban caudal base.”
Posibles pozos de revisión (puntos rígidos) propensos a sufrir deformación en terreno en ladera	Física – Técnica	Rígidas estructura en terreno deformable, asentamientos diferenciales sin local obras de estabilizacion.	-Nuevos pozos situar fuera de coronas y pies de talud y sobre terreno competente. -Standard de construcción: base mejorada, compactación y control de infiltración	-Reforzamiento de pozos existentes: revestimiento de concreto armado, y reparación de anillos. Mejorar el asiento (revestimiento y pavimento de baldosas) para redistribuir la carga. -Drenaje perimetral si se detectan humedades persistentes."
-Tanques y construcciones escogidas situadas en sectores altos sin ninguna consulta en cuanto a la estabilización del talud.	Física – Técnica	elección de emplazamiento por gravedad, sin análisis de estabilidad del talud;	-Comprobar la estabilidad del talud en el lugar del tanque antes ampliaciones y cargas nuevas.	Dren perimetral y zanja de coronación. Muro de contención y gaviones donde el talud lo exija.

		drenajes insuficiente alrededor.	-Chequear los vertidos y escorrentías en torno al tanque para no crear una saturación del talud.	Mantenimiento y control de grietas (marcadores) y juntas y estructuras del tanque."
MEDIDAS NO ESTRUCTURALES				
Desarrollo de microzonificacion de susceptibilidad a deslizamientos para el sistema en las vías y obras de priorización.	Técnica – Institucional	Limitación de estudios geotécnicos y cartografía de riesgo aplicada al sistema sanitario.	Falta de estudios geotécnicos y cartografía de riesgo aplicada al sistema sanitario. -Gestionar microzonificación simplificada (mapa de susceptibilidad) con apoyo GAD y Provincia y Universidad.	-Aplicar la microzonificación para rediseñar trazos futuros, y para seleccionar sitios de obras (tanques y captaciones). -Identificar en ‘secciones rojas’ para definir acciones inmediatas (drenaje, protección, monitoreo)."

			-Incluir el mapa en criterios de priorización anual de obras y mantenimiento.	
Información técnica (planos, catastros) disponible, pero no entregada al equipo de terreno ni comunidad.	Institucional – Técnica	Gestión documental centralizada; poca difusión y capacitación en el catastro del sistema.	Institucional Instituto Técnico Gestión documental centralizada; muy poca difusión y capacitación en el catastro del sistema. Difundir planos y catastro a través de un pequeño taller con los operadores y dirigentes (lectura de croquis, ubicación de cilindros).	Define utilización de una carpeta y archivo operativo: planos, relación de válvulas, procedimiento. -Marca en el campo las válvulas, y otras ubicadas para respuestas rápidas″. -Actualización anual del catastro con las alteraciones realizadas."

			-Hacer un versión reducida (boceto A3) para campo y emergencia.	
Hay monitoreo comunitario, sin embargo no existe articulación formal con el monitoreo técnico y protocolos de alerta.	Social – Institucional	No existen protocolos, canales responsables para escalar alertas comunitarias.	Definir un protocolo sencillo (quién reporta, a quién y en qué tiempo) y un canal único (Whatsapp y llamada). -Capacitar a los lideres comunitarios en señales tempranas y como reportarlas.	-Coordinar con monitoreo técnico: visita de verificación en menos de 24 horas al reportarse grietas y hundimientos. • Llevar a cabo medidas provisorias (cierre de válvulas, señalizaciones, restricciones de paso) hasta la evaluación. "• Reportes bitácora para priorizar obras."
Técnico Instrumentación limitada (marcadores, control de grietas, monitoreo de	Técnica – Institucional	Limitaciones en los recursos y prioridades de respuesta; falta de	-Instaurar vigilancia de bajo costo: testigos de yeso y placas para grietas, estacas	-Establecimiento de puntos de control (marcadores) en tramos

caudales/turbidez en puntos críticos)		equipo y programa de monitoreo.	de referencia, plomadas. -- Registros de invierno semanal durante invierno y mensual durante verano. -Control operacional: turbidez y caudales medidos en la toma durante los eventos.	críticos, actualización del mapa de riesgo. -Básicas alertas comunitarias (sirenas y megáfonos) asociadas al protocolo una vez se rebasase el referido umbral. -Mantenimiento correctivo de forma inmediata en caso de aceleración (fisuras, fugas, hundimientos)."
Oficiotosa o nula ejecución del plan de contingencia (continuidad operativa débil)	Institucional	No se formaliza, entrena ni se simula; la planificación se focaliza en la reacción.	Formalizar el plan: gestionar los roles (Junta y GAD), rutas de cierre de válvulas, proveeduría alternativa, comunicación. Organizar rondas anuales.	Actualización anual y socialización -Kits de emergencia: instalar un kit con acoples, abrazaderas, válvulas y otros artículos primarios, cloro. Puntos oficiales de abastecimiento y

			Proceso simulacro a nivel distrital pre y post simulacro.	cloración en emergencia. Evaluación post evento y revisión del plan con lecciones aprendidas."
Baja coordinación preventiva con instituciones de gestión del riesgo (gobernanza limitada).	Institucional – Política	Articulación insuficiente para prevención y mitigación; coordinación más reactiva que prospectiva.	-Convenio de coordinación preventiva (reunión trimestral) entre Junta y GAD y Unidad de Riesgos. -Incluir el sistema de agua y alcantarillado en planes cantonales de GRD y planes de lluvia.	-Activación de mesas técnicas en previo a la etapa invernal para priorizar taludes y drenajes. -Gestión conjunta de recursos (maquinaria, combustible, materiales) ante alertas. -Coordinación de comunicación oficial para evitar desinformación durante eventos.
Capacidad operativa percibida como media o regular para atender emergencias mayores.	Institucional – Operativa	Limitación de personal, maquinaria, repuestos y logística; accesos	-Inventario de recursos y 'lista mínima' de repuestos críticos con stock (acoples,	-Contratación y activación de maquinaria (retroexcavadora) mediante acuerdos previos en

		vulnerables durante lluvias.	válvulas, abrazaderas). -Capacitación operativa en reparaciones rápidas y seguridad en laderas. -Rutas de acceso y puntos de acopio definidos antes del invierno.	temporada. -Brigada de respuesta con turnos y contactos. -Priorización de restablecimiento por sectores críticos (vitales básicos como centros de salud u escuelas si aplica).
No se hace mantenimiento preventivo en regiones críticas (si lo hay, no es sistemático).	Institucional – Técnica	Recursos limitados, mantenimiento correctivo prioritario, dificultad de accesos en época de lluvias.	-Plan anual de mantenimiento por componente (captación, conducción, drenajes, alcantarillado) con cronograma. - Indicadores simples como % de cunetas limpias, nº de	- Mantenimiento y registro de puntos críticos: cunetas, desarenadores y pozos. - Inspecciones tras un periodo de lluvia prolongada (intervención inmediata). - Veeduría: comunidad que supervisa el cumplimiento.

			fugas reparadas y nº de pozos limpiados.	
Cobertura parcial de medidas estructurales (muros/estabilización/drenajes) en relación con la magnitud del problema	Física – Técnica – Institucional	Una serie de daños acumulados, reparaciones sucesivas, fragilidad de envejecimiento y otros tipos en articulaciones y elementos.	rabajo técnico: en frío diagnóstico (inspección, foto-documentación, priorización) por secciones para plan de restauración. - Modificaciones: Sobre una base de material flexible sobre el talud, la mejor cama de apoyo, válvulas de seccionamiento.	Rehabilitación prioritaria: Desarrollo de un trap de pez que detona sin parar. -Refuerzo en zonas críticas (anclajes, encamisado, protección en zanjas) -Unifique los niveles de presión de eliminación de burbujas para evitar fallas."
Mal estado o muy mal estado percibido por un número no desdeñable de usuarios.	Física – Técnica	Una serie de daños acumulados, reparaciones sucesivas, fragilidad de	- Diagnóstico técnico en frío (inspección, registro fotográfico, priorización) por tramos para plan de	- Rehabilitación priorizada: Cambio de segmentos que falla constantemente. -Refuerzo en zonas críticas (anclajes,

		envejecimiento y otros tipos en articulaciones y elementos.	rehabilitación. - Cambios: En material flexible en la ladera, la mejor cama de apoyo, válvulas de seccionamiento.	encamisado, protección en zanjas) -Estandarice los niveles de presión de purgas para prevenir fallas.
Alta exposición temporal: eventos deslizantes más frecuentes en invierno (enero-abril).	Institucional – Ecológica	Las fuertes lluvias incrementan la saturación, la planificación operacional no siempre puede estar un paso adelante del período crítico.	Planificar con anticipación antes de que inicie la temporada invernal (nov-dic): limpieza de canales y pozos, revisión de captación y puntos críticos. Prevenir (vigilar) intensamente enero-abril (invierno) calendario responsable.	-En días de tormenta fuerte radicalizar inspecciones y nivel de reacción (equipo de guardia).- Preparar materiales y cloro para la temporada de torbellinos de invierno o reconocimiento histórico de incidentes.- Preparación de materiales y cloro durante la temporada de torbellinos invernales o recuento histórico de incidentes. O

				Conexión con boletines meteorológicos locales y provinciales si los hubiera."
Capacidad para almacenar en casa durante los cortes (dependencia del suministro de agua) Social	Social – Económica	Se tienen los hogares limitaciones económicas e infraestructura para resguardar el agua, poca preparación para interrupciones.	-Campaña de almacenamiento seguro (tapa, limpieza), y distribución de recipientes adecuados. -Incentivos locales, (tramites con GAD) para tanques básicos en hogares mas vulnerables.	En emergencia coordinada en puntos seguros.- Distribución armonizada en emergencia a través de puntos seguros. - Distribución y aplicación de tabletas de cloro o guías de cloración en el hogar. -Dar prioridad a los hogares sin almacenamiento en abastecimiento alterno."'
Dependencia de insumos a través de cadenas informales/externas	Social – Institucional	Ausencia de un plan formal de suministro alternativo y puntos	Formulación de un esquema de abastecimiento alternativo: rutas de	-Contratar con tanqueros habilitados y control de cloro residual. -Instalación inmediata de

(camiones cisternas, compras, vecinos) sin sistema planificado.		seguros; logística dependiente	tanqueros, horarios, responsables, control sanitario. Disponer puntos fijos de distribución y comunicación formal a la comunidad.	tanques comunitarios (bladders y tanques de plástico) cuando se produzcan cortes prolongados. - Controlar las entregas para que no se colapse todo y haya un reparto entre todos."
Exposición sanitaria: riesgo de calidad en el suministro (río/quebrada) y consecuencias para la salud.	Social – Institucional	Consumo de agua inadecuada y limitaciones en higiene por cortes/contaminación; monitoreo de salud débil	-Educación sanitaria: hervir y clorar, almacenamiento seguro, manejo de las excretas en emergencia. -Ya con el MSP se estableció el protocolo para vigilancia en las temporadas de enfermedades hídricas.	-Distribución de cloro e hipoclorito y whisk rápido en puntos de entrega. -Lavarse las manos provisionalmente, en la medida de lo posible. -Después de la tormenta, quedar al acecho de las aguas residuales y

				limpiar con agua limpia después del evento."
El conocimiento comunal es en su mayoría medio, con un importante segmento bajo/nulo (brecha educativa)	Social – Educativa	Téticas y señales insuficientes y débil diseminación técnica de señales y medidas; cultura preventiva a consolidar.	-Programa anual de formación comunitaria (preinvierno) acerca de signos, caminos y acciones para llegar al agua segura. -Locally developed educational material (simple posters) on landslides and system protection.	-Brigada comuna: limpieza de canaletas muestreos de grietas, y reportes. -Talleres prácticos de cloración y almacenamiento seguro. -Evaluación rápida (recundo corto) para monitorear la mejoría en el conocimiento.
Regularización de señales de inestabilidad sin reporte formal (grietas, inclinaciones, asentamientos)	Social – Institucional	Existen señales pero no siempre existe un canal formal que se active para recibir la alerta temprana	Establecer umbrales para reportar (longitud en cm de la grieta, inclinación mínima detectable, mínima	Activación del protocolo rápida: revisión técnica, señalización y aislamiento. -Preventivo tapación de igual manera con sus válvulas, en trazas

	detectable de turbadura) y publicarlos. -Observaciones en lugares críticas (que observar, a quien llamar).	con deformación ."- Intervenciones de emergencia: desvío de las corrientes de agua, relleno y compactación de emergencia.

Elaborado por: Víctor sanches & Magaly Baños

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se logró identificar y delimitar las zonas con susceptibilidad a deslizamientos en el sector Tambán mediante la aplicación de la metodología Mora–Vahrson, considerando factores como la pendiente, la litología, la humedad del suelo, las precipitaciones y la actividad sísmica. El análisis permitió evidenciar la existencia de áreas con distintos niveles de susceptibilidad, destacándose sectores con mayor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, los cuales representan una amenaza potencial para la infraestructura de agua potable y alcantarillado debido a sus condiciones geotécnicas desfavorables.

El análisis de riesgo por deslizamientos de tierra reveló que la red de acueducto y la red de alcantarillado presentan un alto nivel de exhibición a procesos de inestabilidad de ladera. Gran parte de su infraestructura se encuentra en niveles de riesgo alto y muy alto, lo cual puede generar fallas en la estructura, desabastecimiento y contaminación del medio ambiente. Esta situación permitió identificar los tramos que presentaban mayor vulnerabilidad y establecer criterios técnicos de priorización de actuaciones.

Para el diseño de las estrategias de prevención y mitigación se definieron acciones orientadas a disminuir la vulnerabilidad de la infraestructura y a contribuir al fortalecimiento de la gestión del riesgo en el sector Tambán. Dentro de las acciones se consideran la estabilización de taludes, el mejoramiento de drenajes, la instalación de sistemas de monitoreo y la promoción de la participación social. Con la aplicación de estas acciones se contará con un servicio de agua potable y alcantarillado más seguro, continuo y sustentable.

6.1. RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo una recalificación periódica de la susceptibilidad a deslizamientos, bajo modelos estandarizados como el de Mora-Vahrson, utilizando la información geológica, geotécnica, topográfica y climática más actualizada. Se recomienda la mejora en el monitoreo de las áreas identificadas previamente como de alta y mediana susceptibilidad a fin de detectar cambios en la condición del terreno que pudieran poner en riesgo la infraestructura de agua potable y alcantarillado.

Con el fin de mejorar el ordenamiento territorial y la toma de decisiones en la gestión del riesgo, se sugiere realizar estudios geotécnicos en conjunto con estos estudios.

Se realizarán en las zonas de desbalance las obras geotécnicas de estabilización que sean necesarias para aumentar el factor de seguridad de los taludes y disminuir la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Estas obras incluyen entre otras, las más prioritarias, las de drenaje superficial y subterráneo, control de infiltraciones, reperfilados y obras de sujeción de taludes que lo requieran, en función de los estudios técnicos de estabilidad de taludes. Estas intervenciones reducirán el riesgo sobre la red de distribución de agua potable y alcantarillado, y permitirán mantener la continuidad de los servicios básicos.

Finalmente, es necesario implementar un plan integral de prevención y mitigación que contemple el sustento preventivo de la infraestructura, su revisión periódica en tramos críticos, el control y la oportunidad en la reparación de fugas, el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional y la capacitación de la población en gestión del riesgo. De igual manera, se insinúa incorporar criterios de resiliencia y adaptación en futuras intervenciones de los sistemas de agua potable y alcantarillado, con el objetivo de someter progresivamente la vulnerabilidad de la infraestructura y garantizar la sostenibilidad de los servicios frente a posibles eventos de deslizamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero, Metalúrgico . (2013). *Mapa De Susceptibilidad Por Movimientos En Masa Del Ecuador Continental.* Quito. Recuperado el 3 de 10 de 2025, de https://metadatos.geoenergia.gob.ec/geonetwork/srv/api/records/2968dc9a-aac9-4e39-b60a-363d742e98dc

Salinas, I., Paucar, A., Quiñónez, M., Grau, F., & Barragán, M. (3 de 04 de 2024). Geotechnical and Geophysical. *Geosciences*, 21. Recuperado el 4 de 10 de 2025, de file:///C:/Users/ADRA/Downloads/T-114830%20POSTG109%20%20%20Salinas%20Isela.pdf

Andrade, G. R. (2019). *Evaluación De La Amenaza De Deslizamiento En La Red De Abastecimiento De Agua Potable Del Cantón Echeandía Provincia Bolívar.* Guaranda. Recuperado el 12 de 11 de 2025, de https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c1167723-d0a2-4517-b21b-838aaa108561/content

Asamblea Nacional Ecuador. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de suelo.* Quito. Recuperado el 17 de Noviembre de 2025, de https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf

Ayala, I. A. (2000). *Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología.* Mexico: Invest. Geog no.41. Recuperado el 15 de Diciembre de 2025, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000100002

Balarezo, N. M. (2021). *"Impacto Social Por Desastres Naturales: Estudio De Caso Barrio Tamban En El Cantón Chimbo, Año 2020-2021"*. Chimbo. Recuperado el 5 de 1 de 2026, de https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1a245e11-6933-410f-8830-0d4fd70dbabf/content

Barrantes, G., & Barrantes, O. (2018). Comparación de la Metodología Mora-Vahrson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica. 29. Recuperado el 17 de Noviembre de 2025, de https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/10677/13251

Borzì, I. (2023). *Evaluación de la vulnerabilidad de las infraestructuras de abastecimiento de agua mediante la metodología de indicadores múltiples.* Italia: Revista de Agua y Cambio Climático. doi:https://doi.org/10.2166/wcc.2023.148

Cardona , O. D. (2012). *Gestión ambiental para la prevención de desastres*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277063601_Gestion_ambiental_para_la_prevencion_de_desastres

Castaño, J. A., & Martin , J. F. (12 de Diciembre de 2020). Análisis del desastre ocurrido en Mocoa. doi:https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-47.adom

Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo SNGRD. (2017). *Terminología sobre Gestión del Riesgo Desastres y Fenómenos Amenazantes.* Bogota. Recuperado el 12 de Diciembre de 2025, de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf;jsessionid=5C8A3CF75B1DF2D116A3022AEC74D305?sequence=2

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador.* Monte Cristi. Recuperado el 17 de Noviembre de 2025, de

https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Deutsche Welle DW. (5 de Agosto de 2025). *Deutsche Welle DW*. Recuperado el 5 de Enero de 2026, de Deutsche Welle: https://www.dw.com/es/hong-kong-en-alerta-m%C3%A1xima-por-torrenciales-lluvias/a-73529067

El Comercio. (16 de Febrero de 2011). Ecuador: El invierno afecta a la Sierra centro. *El Comercio*. Recuperado el 5 de 01 de 2026, de https://reliefweb.int/report/ecuador/ecuador-el-invierno-afecta-la-sierra-centro

IFRC. (2025). *Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja* . Recuperado el 12 de Diciembre de 2025, de Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja : https://www.ifrc.org/es/nuestro-trabajo/desastres-clima-y-crisis/que-es-desastre/deslizamiento-tierras

Instituto Espacial Ecuatoriano. (2013). *Generación De Geoinformación Para La Gestión Del Territorio A Nivel Nacional. Escala 1: 25 000".* Loja. Recuperado el 13 de Diciembre de 2025, de https://www.geoportaligm.gob.ec/geodescargas/loja/mt_loja_movimientos_en_masa.pdf

Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales. (s.f.). Mapa de suceptibilidad a deslizamiento de Nicaragua. En *Mitigación de Georiesgos en Centroamérica.* Nicaragua. Recuperado el 2 de marzo de 2026

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2021). *Informe técnico sobre la susceptibilidad a movimientos en masa en zonas andinas del Ecuador.* Quito: IGEPN. Recuperado el 11 de 10 de 2025

José, G., & Contreras, I. (1997). *Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a deslizamientos, sismos y otras amenazas naturales : Caso de estudio Caracas, 1997.* Caracas. Recuperado el 16 de 11 de 2025, de https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc14615/doc14615.htm

La Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Código Orgánico de Organizacion Territorial (COOTAD).* Quito. Recuperado el 17 de Noviembre de 2025, de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf

Ley Orgánica Para La Gestión Integral Del Riesgo De Desastres. (2024). Quito. Recuperado el 15 de Febrero de 2026, de https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20PARA%20LA%20GESTI%C3%93N%20INTEGRAL%20DEL%20RIESGO%20DE%20DESASTRES.pdf

Ministerio de Educación. (2021). *Movimientos en Masa.* PERU. Recuperado el 15 de Diciembre de 2025, de https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/10238/Movimientos%20en%20Masa%20cartilla%20informativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Naciones Unidas. (2010). *El derecho al agua.* 1014-5567. Obtenido de https://www.ohchr.org/es/publications/fact-sheets/fact-sheet-no-35-right-water

Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2023). *Informe especial: Mapeo de la resiliencia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres: https://www.undrr.org/search#query=Global%2520Assessment%2520Report

NEC, N. E. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC): Peligro sísmico, diseño sismo resistente.*

OMS, O. M. (2022).

ONU. (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. Naciones Unidas. *Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010* (pág. 3). A/RES/64/292. Recuperado el 3 de 10 de 2025, de https://undocs.org/es/A/RES/64/292

OPS, O. P. (2021). *Agua, saneamiento e higiene en establecimientos de atención de salud de siete países de América Latina.*

Organización Panamericana de la Salud. (2002). Mitigación de desastres en sistemas de agua potables y saneamiento. En L. A. Patricia Gomez, *Mitigación de desastres en sistemas de agua potables y saneamiento* (pág. 14). Peru. Recuperado el 8 de 11 de 2025, de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/59403/mitigaciondesastres_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización Panamericana de la Salud. (2021). El agua en situaciones de emergencia. 17. Recuperado el 5 de 10 de 2025, de https://www.paho.org/sites/default/files/2019-12/WtrEmrgS.pdf

PDOT. (2023). *Ordenanza Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial, Uso, Ocupación Y Gestión Del Suelo.* Chimbo. Recuperado el 16 de 11 de 2025, de https://www.registroficial.gob.ec/261974-2/

Prado, L. A. (2023). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial.* Chimbo. Recuperado el 16 de 11 de 2025, de https://drive.google.com/file/d/1-rxXsFZYBNWrVoZFbExixBR5-QyNIR2a/view

Quesada , A. R., & Boraschi, S. F. (2018). *Comparación de la Metodología Mora-Vahrson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica*. Obtenido de https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/10677

Secretaria de Gestion de riesgos. (2018). *Glosario De Términos De Gestión De Riesgos De Desastres Guía De Consulta.* Guayaquil.

Secretaría General de la Comunidad Andina. (2018). *Glosario de términos y conceptos de la gestión del riesgo de edesatres para las los paises miembros de la comunidad Andina.* Lima: Corporación Gráfica Aliaga José De La Torre Ugarte 570 - Lince. Recuperado el 14 de Diciembre de 2025, de https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2018619133838GlosarioGestionDeRiesgoSGCA.pdf

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo. (2022). *Informe nacional de gestión del riesgo de desastres 2022.* Quito: SNGRE. Recuperado el 11 de 10 de 2025

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2022). *Atlas Nacional de Amenazas del Ecuador.* Quito. Recuperado el 3 de 10 de 2025

SNGR. (26 de Marzo de 2023). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Recuperado el 6 de Enero de 2026, de Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-deslizamiento-alausi-chimborazo/

UNDRR, O. d. (2023). Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&source=web&rct=j&url=https://www.undrr.org/annual-report/2022&ved=2ahUKEwia_uyVl4yVAxXLibAFHUodMkEQy_kOegoIAggACA

EIFxAD&opi=89978449&cd&psig=AOvVaw3gNKdjdATRmDj-7wjbWQrh&ust=1781713773699000

UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reduccion del Riesgos de Desastres.* Ginebra: Estrategia Internacional para la Reduccioón de Desastres de las Naciones Unidas. Recuperado el 14 de Diciembre de 2025, de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

VÁSQUEZ, E. C. (2023). *Propuesta de un plan de Gestión de Riesgos ante Deslizamientos e Inundaciones en la comunidad de Marianza Perteneciente a la Parroquia Sayausí.* Cuenca. Recuperado el 11 de Noviembre de 2025, de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24626/1/UPS-CT010431.pdf

Zurich. (2017). *El Niño Costero:Las inundaciones de 2017 en el Perú.* Peru. Recuperado el 5 de 1 de 2026, de https://zcralliance.org/resources/item/el-nino-costero-las-inundaciones-de-2017-en-el-peru/

ANEXOS

ANEXO 1

Levantamiento Topográfico





5 de diciembre del 2025

Nota: *Realizamos el vuelo respectivo del área de trabajo de titulación lo cual con la ayuda de los ingenieros ejecutamos las ortofotos*

Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía 1

Estudio de suelo





Fuente: *Elaboración propia*

11 de diciembre del 2025

Nota: *Realizamos la recolección de muestras de suelo del sector tamban para realizar nuestro estudio.*

Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía 3

Aplicación de encuestas realizadas a los moradores y trabajadores de obras públicas del sector Tambán.









16 de febrero del 2026

Nota: *Realizamos las encuestas debidas a los pobladores del sector tamban para poder realizar nuestras estrategias de prevención*

Fuente: *Elaboración propia*

ANEXO 2

Instrumentos de recopilación de datos

- **Encuesta**

ENCUESTA PARA IDENTIFICAR VULNERABILIDADES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO FRENTE A DESLIZAMIENTOS (SECTOR TAMBÁN – CANTÓN CHIMBO)

PRESENTACIÓN Y OBJETIVO DE LA ENCUESTA

ENCUESTA PARA IDENTIFICAR VULNERABILIDADES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO FRENTE A DESLIZAMIENTOS (SECTOR TAMBÁN – CANTÓN CHIMBO)

PRESENTACIÓN Y OBJETIVO DE LA ENCUESTA

Buenos días/tardes.

Nuestros nombres son Víctor Sanches y Magaly Baños estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión de Riesgos y Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar.

Como parte del trabajo de titulación, nos encontramos desarrollando el proyecto de investigación titulado:

"Evaluación del riesgo por deslizamientos en la infraestructura de agua potable y alcantarillado del sector Tambán, cantón Chimbo".

El objetivo de esta encuesta es identificar y analizar las vulnerabilidades físicas, operativas, institucionales y sociales de los sistemas de agua potable y alcantarillado frente a la ocurrencia de deslizamientos, con la finalidad de formular estrategias de prevención y mitigación que contribuyan a la sostenibilidad de estos servicios básicos.

En este sentido, su participación es de gran importancia, ya que permitirá recopilar información relevante basada en su experiencia, conocimiento y percepción del territorio y del sistema. No existen respuestas correctas o incorrectas; lo fundamental es contar con su criterio sincero y objetivo.

Cabe señalar que la información recopilada será utilizada exclusivamente con fines académicos e investigativos, será tratada de manera confidencial y anónima, y se integrará junto con otras herramientas de investigación, sin identificar en ningún momento a las personas participantes.

Agradecemos de antemano su colaboración y el tiempo brindado para el desarrollo de este estudio, el cual busca aportar a la reducción del riesgo y al fortalecimiento de la gestión del territorio.

¡Muchas gracias por su apoyo!

1. **En los últimos 5 años, ha ocurrido algún deslizamiento que afectó infraestructura de agua u alcantarillado.**
    A. Sí, varias veces.
    B. Sí, una vez.
    C. No
    D. No recuerda/ No sabe
2. **¿Cuál considera es el principal detonante observado para deslizamientos en el sector?**
    A. Lluvias prolongadas
    B. Sismos o vibraciones
    C. Corte de taludes
    D. Drenaje deficiente que ocasiona saturación del suelo

E. Fuga de tuberías (agua potable)

F. Filtraciones de alcantarillado o pozos

G. Deforestación o cambio de cobertura

H. Otro

3. ¿Cuál es la época del año con mayor ocurrencia de deslizamientos?

A. Invierno (ene-abr)

B. Todo el año

C. Transición (nov-dic)

D. No sabe

4. ¿Qué señales tempranas se han observado previo a la ocurrencia de un deslizamiento?

A. Grietas en suelo o paredes

B. Árboles o postes inclinados

C. Hundimientos o abultamientos del terreno

D. Aumento de la turbidez en captación o fuentes de agua

E. Filtraciones nuevas

F. Obstrucción de drenajes o cunetas

G. No se observan señales

5. Existen medidas de prevención o mitigación frente a deslizamientos

A. Muros de contención

B. Estabilización de taludes

C. Drenajes o cunetas / Mejoras

D. Reforestación

E. Reubicación de tuberías

F. Fortalecimiento del mantenimiento

G. Monitoreo y alerta temprana

H. Ninguna

6. Existencia de monitoreo o alerta temprana

A. Comunitaria

B. Técnica

C. Ambas

D. No existe

E. No sabe

7. Nivel de conocimiento sobre riesgos por deslizamientos

E. Alto

F. Medio

G. Bajo

H. Nulo

8. Condición de la infraestructura de agua potable y alcantarillado

F. Buena

G. Regular

H. Mala

I. Muy mala

J. No sabe

9. La red atraviesa o bordea zonas con evidencia de inestabilidad

E. Sí, en varios tramos

F. Sí, en pocos tramos

G. No

H. No sabe

10. Tipo de afectación más frecuente

G. Rotura de tuberías

H. Exposición o arrastre de tuberías

I. Contaminación de la fuente

J. Daño en estructuras

K. Interrupción del servicio

L. No ha ocurrido

11. Problemas frecuentes en el sistema de alcantarillado

G. Taponamientos

H. Colapsos

I. Fugas o fisuras

J. Reboses

K. Contaminación ambiental

L. No aplica

12. Existe plan de contingencia para continuidad de servicio

F. Existe informalmente

G. No existe

H. Si, pero no se aplica

I. No sabe

J. Si, probado

13. Coordinación con instituciones de gestión del riesgo

E. Alta

F. Media

G. Baja

H. Nula

I. No sabe

14. El hogar cuenta con almacenamiento de agua

E. Más de 2 días

F. De 1 a 2 días

G. Menos de 1 día

H. No cuenta

15. Fuente alternativa de agua en cortes

G. Compra de agua

H. Agua de lluvia

I. Río o quebrada

J. Familiares o vecinos

K. Tanquero

L. No tiene alternativa

16. Afectaciones a la salud asociadas a cortes o contaminación

E. Frecuentes

F. Ocasionales

G. No existen

H. No sabe

- **Entrevista**

ENTREVISTA COMPLEMENTARIA ACTORES CLAVES PARA IDENTIFICAR VULNERABILIDADES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO FRENTE A DESLIZAMIENTOS (SECTOR TAMBÁN – CANTÓN CHIMBO)

OBJETIVO: Recopilar información técnica, territorial y operativa detallada del sistema de agua potable y alcantarillado, que permita complementar y ponderar los resultados de la encuesta, con énfasis en la capacidad del sistema, su localización y su nivel de exposición a deslizamientos.

I. INFORMACIÓN GENERAL DEL INFORMANTE

1. Cargo que desempeña dentro de la institución o sistema:

_____

2. Institución o entidad a la que pertenece:

_____

3. Años de experiencia en la gestión u operación del sistema:

_____

4. Área geográfica de responsabilidad (sector, SECTOR, parroquia):

_____

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

5. ¿Cuántos sistemas de agua potable existen en el sector Tambán?

_____

6. Número de captaciones existentes y tipo de fuente:

_____

7. Ubicación general de las captaciones (parte alta, ladera, quebrada, otra):

_____

8. ¿Cuántas plantas de tratamiento de agua potable existen?

_____

9. Capacidad aproximada de producción de agua (l/s o m³/día):

_____

10. Número de tanques de reserva y su ubicación:

_____

11. Longitud aproximada de la red de conducción y distribución:

_____

12. Material predominante de las tuberías del sistema:

_____

III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

13. ¿El sector cuenta con sistema de alcantarillado sanitario?

_____

14. Longitud aproximada de la red de alcantarillado:

_____

15. Número de pozos de revisión existentes:

_____

16. Tipo de descarga final del sistema:

_____

17. ¿Existen plantas de tratamiento de aguas residuales?

_____

18. Ubicación de los componentes principales del alcantarillado:

_____

IV. UBICACIÓN TERRITORIAL Y EXPOSICIÓN A DESLIZAMIENTOS

19. ¿Qué componentes del sistema se encuentran en zonas de ladera o pendientes pronunciadas?

_____

20. ¿Existen tramos cercanos a quebradas, ríos o zonas de socavación?

_____

21. ¿Cuáles considera usted que son los tramos más críticos frente a deslizamientos?

_____

22. ¿Se dispone de mapas, catastros o planos georreferenciados del sistema?

_____

V. AFECTACIONES HISTÓRICAS Y CAPACIDAD DEL SISTEMA

23. Principales daños registrados por deslizamientos en los últimos años:

_____

24. Frecuencia con la que se presentan daños relacionados a lluvias o movimientos de masa:

_____

25. Tiempo promedio de interrupción del servicio tras un evento:

_____

26. Población aproximada afectada en eventos pasados:

_____

VI. GESTIÓN, MANTENIMIENTO Y RESPUESTA

27. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo para zonas críticas?

_____

28. Capacidad técnica y operativa para atender emergencias:

_____

29. Coordinación con instituciones de gestión del riesgo:

_____

30. Principales limitaciones para la prevención y mitigación:

_____

VII. PERCEPCIÓN TÉCNICA Y PROPUESTAS

31. Desde su criterio técnico, ¿cuáles son las principales vulnerabilidades del sistema?

_____

32. ¿Qué componentes considera prioritarios para intervenir?

_____

33. Medidas estructurales recomendadas:

_____

34. Medidas no estructurales recomendadas:

_____

35. Comentarios adicionales relevantes para el estudio:

_____