Universidad Estatal de Bolívar

Facultad de Ciencias de la Salud y del ser Humano
Carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo

Trabajo previo a la obtención del título de Ingenieros en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo

Tema:

Estudio de la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Regulo de Mora, cantón San Miguel en el periodo de abril a agosto 2024.

Autoras:

Cruz Natividad Chora Culqui

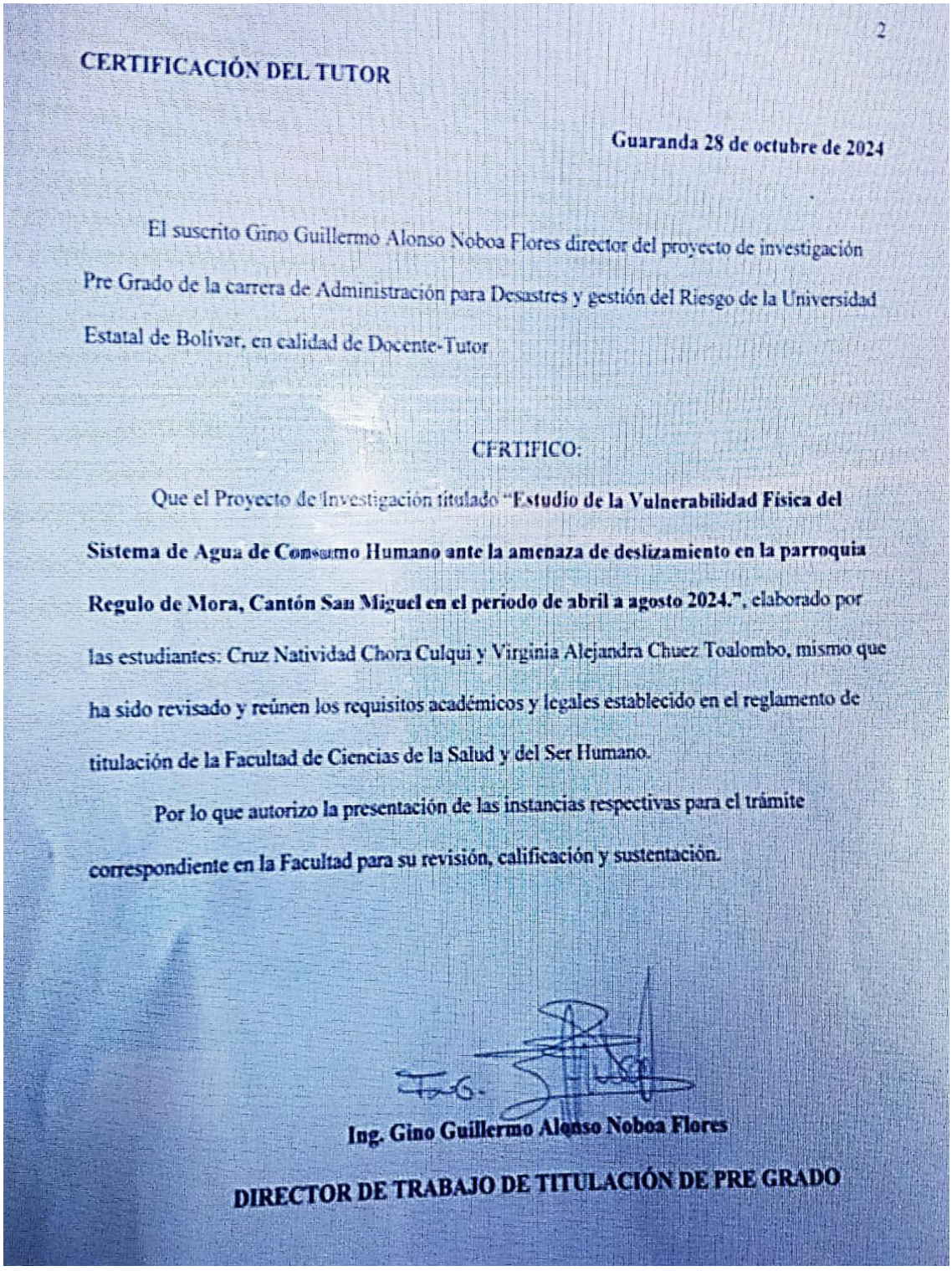
Virginia Alejandra Chuez Toalombo

Director:

Ing. Gino Guillermo Alonso Noboa Flores

Guaranda-2024

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR



2

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Guaranda 28 de octubre de 2024

El suscrito Gino Guillermo Alonso Noboa Flores director del proyecto de investigación Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente-Tutor

CERTIFICO:

Que el Proyecto de Investigación titulado "**Estudio de la Vulnerabilidad Física del Sistema de Agua de Consumo Humano ante la amenaza de deslizamiento en la parroquia Regulo de Mora, Cantón San Miguel en el periodo de abril a agosto 2024.**", elaborado por las estudiantes: Cruz Natividad Chora Culqui y Virginia Alejandra Chuez Toalombo, mismo que ha sido revisado y reúnen los requisitos académicos y legales establecido en el reglamento de titulación de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano.

Por lo que autorizo la presentación de las instancias respectivas para el trámite correspondiente en la Facultad para su revisión, calificación y sustentación.

Ing. Gino Guillermo Alonso Noboa Flores

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras Cruz Natividad Chora Culqui y Virginia Alejandra Chuez Toalombo portadores de la Cédula de Identidad No 0202293049 y 0201915618 en calidad de autor/res y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN LA PARROQUIA REGULO DE MORA, CANTÓN SAN MIGUEL EN EL PERIODO DE ABRIL A AGOSTO 2024., modalidad presencial, 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 mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/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.

Las autoras 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.

Cruz Natividad Chora Culqui
C.I: 0202293049

Virginia Alejandra Chuez Toalombo
C.I: 0201915618

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR 2

Índice de Tablas 5

Índice de Ilustración 6

Agradecimiento 7

Dedicatoria 8

Resumen 10

Introducción 12

1. Capítulo 1 14

1.1. Planteamiento del problema 14

1.1.1. Formulación del problema 15

1.2. Objetivos 15

1.2.1 Objetivo general 15

1.2.2. Objetivos especifico 16

1.3. Justificación 16

1.4. Limitaciones 17

2. Capítulo 2 18

2.1. Antecedentes investigativos 18

2.2. Marco conceptual 20

2.2.1. Amenaza de deslizamiento 20

2.2.2. Vulnerabilidad de los sistemas de agua de consumo humano 22

2.3. Marco referencial 24

2.4. Marco legal 26

2.5. Variables 30

2.6. Operacionalización de variables 30

3. Capítulo 3 31

3.1. Tipo e investigación 31

3.1.1. Investigación cualitativa 31

3.1.2. Investigación de campo 31

3.1.3. Investigación no experimental 31

3.1.4. Investigación documental 32

3.2. Tipo de estudio 32

3.2.1. Estudio descriptivo 32

3.2.2. Estudio de cohorte transversal 32

3.3. Técnicas de recolección de la información 33

3.4. Técnicas de procesamiento de la información 33

4. Capítulo 4 41

4.1. Resultados del Objetivo Especifico 1 41

4.2. Resultados del Objetivo Especifico 2 46

4.3. Resultados del objetivo específico 3 74

5. Capítulo 5 80

5.1. Conclusiones ..... **¡Error! Marcador no definido.**

5.2. Recomendaciones 82

5.3. Bibliografía 83

5.4. ANEXOS 87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de captación. 36

Tabla 2 Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de conducción. 37

Tabla 3 Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de tratamiento. 38

Tabla 4 Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de distribución. 39

Tabla 5 Rangos de índices y nivel de vulnerabilidad para el sistema de agua potable Regulo de Mora. 39

Tabla 6 **Componente Captación** 42

Tabla 7 Componente línea de conducción 43

Tabla 8 Componente Tratamiento 44

Tabla 9 Componente distribución 46

Tabla 10 Estabilidad de Taludes resultados detallados 49

Tabla 11 Puntos del Nivel Freático 52

Tabla 12 Verificación Estabilidad de Taludes..... 53

Tabla 13 Estabilidad de Taludes..... 59

Tabla 14: 63

Tabla 15 Puntos del Nivel Freático de la Línea de Conducción. 67

Tabla 16 Resultados análisis de taludes 68

Tabla 17 Resultados análisis de taludes 72

Tabla 18 Medidas Preventivas 76

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 Mapa del Sistema de Agua de Regulo de Mora 47

Ilustración 2 Análisis Estabilidad del Talud de los tanques de captación. 48

Ilustración 3]Nivel freático de los tanques de captación. 52

Ilustración 4 Peligro Sísmico..... 55

Ilustración 5 Valoración del grado de estabilidad del talud en los tanques de captación, sismos. 58

Ilustración 6 Estabilidad de taludes línea de conducción. 62

Ilustración 7 Análisis de estabilidad de taludes de la línea de conducción, nivel freático. 67

Ilustración 8 Análisis Sísmico de la línea de conducción. 71

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Estatal de Bolívar por a vernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas para estudiar nuestra carrera, así mismo a los docentes que nos impartieron conocimientos que ayudaron a fortalecer y pulir nuestros conocimientos alcanzados.

Nuestro agradecimiento también a nuestro tutor de tesis quien ha estado ayudándonos e impartiendo sus conocimientos para poder lograr nuestro objetivo que es culminar la presente tesis.

Y en realidad faltaría espacio y tiempo para agradecer a las personas que han estado apoyándonos y siendo bálsamo en los momentos más difíciles que tuvo todo este tiempo transcurrido en estas aulas.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios el principal pilar fundamental en mi vida, llena de regocijo, esfuerzo, esperanza y paciencia agradecida por a verme permitido llegar hasta este momento tan importante durante el transcurso y formación de mi vida profesional.

A mis padres Vianney y Marlene quienes han estado para mí en todo tiempo y fuera de tiempo aconsejándome y jamás permitiendo que me rinda ante los problemas y adversidades que he enfrentado a lo largo de mi vida.

Mi esposo Pablo quien, gracias a su ayuda incondicional, sacrificio y amor me ha apoyado y puedo decir que lo logramos hemos alcanzado una meta más de tantas de las que nos falta por realizarlas.

Mis hijas Khaleesi, Paula y Amalia, mi hermana Genesis que gracias a su amor incondicional y admiración no habría logrado esforzarme cada día más y alcanzar un propósito de formación profesional.

GRACIAS

VIRGINIA CHUEZ

Esta tesis está dedicada a Dios que me ha dado la oportunidad de vivir y que me ha guiado por este viaje académico gracias Dios por darme a diario esa fortaleza que me ha permitido hoy lograr una meta más en mi vida.

A mi madre Gloria piedad Culqui Gavi. Eres el pilar fundamental de mi vida; me has inculcado valores que me han guiado y acompañando en cada paso de este camino. La educación que me has brindado es, sin duda, la herencia más valiosa que podría recibir. Gracias por tu amor, tu paciencia y por ser una fuente de inspiración, esta tesis es el reflejo de tus sacrificios y enseñanzas espero que este logro te haga sentir tan orgullosa como yo me siento de ser tu hija "te amo mamita de mi corazón".

A mi hija Alison Camille. Hace 4 años llegaste a mi vida y te convertiste en mi razón, fortaleza y ese motor que me llena de energía a diario, te dedico esta tesis como muestra del amor incondicional que siento por ti mi princesa.

A mis hermanos y hermanas. Gracias por ese apoyo incondicional que siempre me han brindado gracias por no permitir que me rinda, por estar para mi cada vez que necesite de un consejo, son sin duda lo mejor de mi vida.

CRUZ CHORA

RESUMEN

El estudio aborda la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano en la parroquia de Regulo de Mora, en el cantón San Miguel, ante la amenaza de deslizamientos de tierra durante el periodo de abril a agosto del 2024. Los deslizamientos presentan un peligro significativo para la infraestructura, especialmente en zonas de pendiente pronunciadas y suelos inestables el objetivo es identificar debilidades en el sistema de agua de consumo, evaluar el estado de los tanques de captación, tubería de conducción, tanque de tratamiento y distribución y proponer medidas preventivas para garantizar el suministro de agua de consumo.

La investigación incluye un diagnóstico de la vulnerabilidad física de la infraestructura, la evaluación de la estabilidad de los taludes y la formulación de propuestas de mitigación. Se usarán inspecciones de campo se aplicará el instrumento de recolección de información (check list) y simulaciones con software GEO5 para evaluar el factor de seguridad del terreno.

Los resultados indican que los tanques de captación están en mal estado y ubicados en zonas de alto riesgo debido a la inestabilidad del terreno y su proximidad a pendientes de más de 30° grados. El análisis geotécnico muestra un factor de seguridad de 0.65 lo que refleja un riesgo elevado de deslizamientos.

Las medidas preventivas incluyen estabilidad de taludes, instalación de muros de contención, drenaje subterráneo, uso de vegetación con raises profundas y monitoreo de la estabilidad del terreno con sensores y sistemas de alerta temprana. También se recomienda educación comunitaria para reconocer y responder a señales de riesgo. Estas acciones buscan proteger la infraestructura y garantizar la continuidad del suministro de agua, aumentando la resiliencia de la comunidad frente a desastres naturales.

Abstrac

The study addresses the physical vulnerability of the drinking water system in the parish of Regulo de Mora, in the San Miguel canton, to the threat of landslides during the period from April to August 2024. Landslides present a significant danger to infrastructure, especially in areas with steep slopes and unstable soils. The objective is to identify weaknesses in the drinking water system, evaluate the condition of the catchment tanks, pipelines, treatment and distribution tanks, and propose preventive measures to guarantee the supply of drinking water.

The investigation includes a diagnosis of the physical vulnerability of the infrastructure, the evaluation of slope stability and the formulation of mitigation proposals. Field inspections will be carried out using the checklist and simulations with GEO5 software to evaluate the safety factor of the terrain.

The results indicate that the catchment tanks are in poor condition and located in high-risk areas due to the instability of the terrain and their proximity to slopes of more than 30° degrees. The geotechnical analysis shows a safety factor of 0.65, which reflects a high risk of landslides.

Preventive measures include slope stability, installation of retaining walls, subway drainage, use of deep-rooted vegetation, and monitoring of ground stability with sensors and early warning systems. Community education to recognize and respond to signs of risk is also recommended. These actions seek to protect the infrastructure and guarantee the continuity of the water supply, increasing the community's resilience to natural disasters.

INTRODUCCIÓN

Los desastres naturales, como deslizamientos de tierra, terremotos, inundaciones y huracanes, son un desafío constante en muchas regiones del mundo, especialmente en áreas montañosas y vulnerables. Estos eventos pueden causar daños significativos a la infraestructura, interrumpir el acceso a recursos esenciales y poner en peligro vidas. La gestión del riesgo de desastres se ha convertido en una prioridad dentro de las políticas de desarrollo sostenible, buscando mitigar los efectos de estos fenómenos y preparar a las comunidades para respuestas rápidas y eficaces.

En América Latina, países como Ecuador enfrentan riesgos elevados debido a su geografía montañosa. Los deslizamientos de tierra son un problema particular en regiones rurales, donde la combinación de factores geológicos, topográficos y climáticos hace que los terrenos sean inestables. Esto afecta a infraestructuras críticas como los sistemas de agua potable, cuya interrupción puede generar serios problemas de salud pública.

La parroquia Régulo de Mora, en Ecuador, es un ejemplo de comunidad expuesta a estos riesgos. Su terreno empinado y suelos arcillosos, junto con las lluvias intensas, aumentan la vulnerabilidad a deslizamientos. Los sistemas de captación y conducción de agua de consumo humano en esta zona están en áreas con pendientes superiores a los 30 grados, lo que incrementa los riesgos de daños a la infraestructura. La falta de mantenimiento adecuado, así como la ausencia de sistemas de protección como muros de contención y drenajes, agravan esta situación. Esto subraya la importancia de evaluar la vulnerabilidad física de los sistemas de agua para implementar medidas preventivas y mitigar los riesgos asociados.

En el Capítulo 1, se contextualiza el problema, resaltando la importancia de mitigar los impactos de los tramos de tierra sobre infraestructuras esenciales. Se plantean los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo del estudio.

El Capítulo 2, explora el marco teórico y conceptual necesario para comprender las dinámicas de los lados de tierra, la interacción de estos con sistemas de infraestructura hidráulica y los principios fundamentales de la evaluación de vulnerabilidad física y geotécnica.

En el Capítulo 3, se detalla la metodología empleada, combinando un enfoque mixto que integra observaciones cualitativas en campo y análisis cuantitativos. Se describen las técnicas de evaluación de infraestructura, el uso de software especializado y las herramientas de diagnóstico geotécnico utilizadas para medir la estabilidad del terreno.

El Capítulo 4, presenta los principales hallazgos del estudio, enfatizando las vulnerabilidades detectadas en los tanques de captación, el estado del terreno y los riesgos derivados de las características geológicas y climáticas de la región. Asimismo, se discuten las implicaciones de estos resultados en el contexto de la seguridad hídrica de la comunidad.

Finalmente, en el Capítulo 5, se desarrollan propuestas concretas para mitigar los riesgos asociados a avances de la tierra. Estas incluyen la instalación de muros de contención, sistemas de drenaje subterráneo y la incorporación de prácticas de revegetación con especies autóctonas. Además, se proponen estrategias de monitoreo constante y programas educativos para la comunidad, orientados a reforzar la preparación frente a desastres.

En conjunto, este estudio no solo contribuye al diagnóstico de la vulnerabilidad física del sistema de agua, sino que también establece una hoja de ruta para garantizar su sostenibilidad y funcionalidad en escenarios futuros marcados por riesgos naturales.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Las principales vulnerabilidades físicas de un sistema de agua comunitario incluyen:

"La destrucción total o parcial de obras de captación y conducción ubicadas en la trayectoria de deslizamientos activos es una de las principales vulnerabilidades físicas de los sistemas de agua comunitarios, especialmente en terrenos montañosos inestables con fuerte pendiente" (Gonzalez, 2005).

Algunos de los principales impactos incluyen:

Daños severos o colapso de presas de captación, desarenadores, tuberías de conducción y otras estructuras ubicadas en zonas de deslizamiento (Pachacama-Oña & Fernanda Cevallos-López, 2012) Obstrucción de captaciones, desarenadores y tuberías por acumulación de sedimentos y escombros arrastrados por los deslizamientos (OPS/OMS, 2020)

Interrupción del servicio por daños en vías de acceso a componentes del sistema

Estos eventos son especialmente destructivos debido a la alta energía de los deslizamientos en terrenos empinados, que pueden arrastrar enormes volúmenes de suelo, rocas y vegetación. Las estructuras de captación y conducción ubicadas en la trayectoria principal de estos movimientos de masa son particularmente vulnerables. (Gonzalez, 2005)

La vulnerabilidad física ante deslizamientos en un sistema de agua de consumo humano se refiere a la susceptibilidad de la infraestructura utilizada para captar, almacenar y distribuir agua potable a sufrir daños debido a movimientos de tierra. Esta vulnerabilidad es un aspecto crítico a considerar, especialmente en regiones geográficamente propensas a deslizamientos de tierra. La ubicación de los tanques de captación en pendientes inestables, la calidad de los

materiales de construcción y el diseño estructural de la infraestructura pueden influir significativamente en su resistencia frente a estos eventos naturales. Cuando un sistema de agua de consumo humano está expuesto a estas amenazas, no solo se pone en riesgo la infraestructura misma, sino también la continuidad del suministro de agua potable, lo que puede tener graves repercusiones en la salud pública y el bienestar de la comunidad afectada (Urquiza & Billi, 2020)

En la parroquia Régulo de Mora, ubicada en el cantón San Miguel, los sistemas de agua comunitarios enfrentan serios desafíos debido a la presencia de terrenos montañosos inestables y pendientes pronunciadas. La infraestructura hídrica, incluyendo tanques de captación y líneas de conducción, se encuentra en zonas propensas a deslizamientos de tierra, un fenómeno recurrente en el área. Estos eventos no solo afectan la continuidad del servicio, sino que también ponen en riesgo la sostenibilidad del recurso hídrico, dado que las lluvias intensas y la saturación de los suelos agravan la inestabilidad del terreno. La ausencia de medidas preventivas y el desgaste de las infraestructuras incrementan la vulnerabilidad del sistema, generando una amenaza directa para el acceso al agua potable por parte de la comunidad.

1.1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano ante la amenaza de deslizamientos en la parroquia Régulo de Mora en el periodo 2024?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano ante la amenaza de deslizamientos en la parroquia Régulo de Mora en el periodo 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico actual de la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora.
- Establecer el nivel de estabilidad de taludes de la zona donde está ubicado el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora.
- Proponer medidas preventivas ante posibles deslizamientos de tierra en el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora.

1.3. Justificación

La realización de este estudio es fundamental debido a la necesidad de comprender y abordar la vulnerabilidad del sistema de agua de consumo humano ante la amenaza de deslizamientos en la parroquia Régulo de Mora durante el periodo 2024. Esta necesidad surge de la importancia vital del suministro de agua de consumo humano para la comunidad y la urgencia de proteger las infraestructuras asociadas a este recurso frente a eventos naturales adversos como los deslizamientos.

El trabajo propuesto proporcionará una evaluación exhaustiva de la vulnerabilidad física del sistema de agua, lo que permitirá identificar áreas de riesgo y tomar medidas preventivas adecuadas. Esto contribuirá a mejorar la resiliencia del sistema de agua de consumo humano frente a desastres naturales, garantizando así la continuidad del suministro de agua segura para la población.

Los beneficiarios directos de este trabajo serán los habitantes de la parroquia Régulo de Mora, quienes se verán directamente beneficiados al contar con un suministro de agua más seguro y confiable. Además, los beneficiarios indirectos incluirán a toda la comunidad del cantón

San Miguel, ya que un sistema de agua de consumo humano más resistente beneficiará a la región en su conjunto al garantizar la salud y el bienestar de sus habitantes.

En cuanto a la metodología, se propone utilizar herramientas como ARGIS para el análisis geoespacial, permitiendo mapear áreas de riesgo y evaluar la topografía y geología del terreno. Además, se empleará Geo5 para realizar análisis de estabilidad de taludes y modelar posibles escenarios de deslizamientos. Estas herramientas permitirán una evaluación integral de la vulnerabilidad física de los tanques de captación y servirán como base para la formulación de medidas preventivas efectivas.

1.4. Limitaciones

- Inexistentes estudios de la vulnerabilidad física de los sistemas de agua en la provincia de Bolívar.
- Débil conocimiento de la población de la parroquia Régulo de Mora sobre las vulnerabilidades que presenta su sistema de abastecimiento de agua de consumo humano.
- Poco interés por parte de las autoridades para realizar trabajos que mitiguen vulnerabilidades en los sistemas de agua de consumo humano.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

La vulnerabilidad física ante deslizamientos en un sistema de agua de consumo humano se refiere a la susceptibilidad y el grado de exposición de la infraestructura de captación, almacenamiento y distribución de agua de consumo a sufrir daños o fallos estructurales como consecuencia de movimientos de tierra. Esta vulnerabilidad se manifiesta en factores como la ubicación geográfica del sistema de agua, la estabilidad del terreno donde se encuentran, la calidad de los materiales de construcción y el diseño de la infraestructura. En áreas propensas a deslizamientos, esta vulnerabilidad puede comprometer la integridad del sistema de agua, provocando interrupciones en el suministro, contaminación del agua y potenciales riesgos para la salud y bienestar de la comunidad. Evaluar y mitigar esta vulnerabilidad es esencial para garantizar la resiliencia y funcionalidad continua del sistema de agua de consumo humano frente a desastres naturales.

El estudio de la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano ante la amenaza de deslizamiento es un análisis que evalúa la capacidad del sistema para resistir y recuperarse después de un deslizamiento. A continuación, se presentan los resultados de varios estudios que abordan este tema:

Análisis de vulnerabilidad física y medidas de mitigación del sistema de agua potable:

Este estudio destaca la importancia de evaluar la vulnerabilidad física de los sistemas de abastecimiento de agua potable ante la amenaza de huracanes. El análisis se realizó mediante entrevistas con responsables del sistema, registro fotográfico y geoposicionamiento de componentes funcionales, y la elaboración de un catálogo del equipamiento del sistema. La matriz de vulnerabilidad física y las medidas de mitigación

de daños se estimaron para evitar interrupciones prolongadas del servicio de agua potable.(Sosa & Solís, 2004)

Guía para la Reducción de la Vulnerabilidad en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento:

Esta guía presenta un marco conceptual y herramientas de evaluación y análisis de riesgos para identificar y mitigar la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento ante amenazas naturales y climáticas. El análisis de riesgo se basa en tres pasos: evaluación de amenazas, análisis de vulnerabilidad y evaluación del riesgo.(Cooperación Suiza en América Central, 2013)

Vulnerabilidad de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento:

Este estudio analiza la vulnerabilidad de sistemas de agua potable y saneamiento en áreas rurales, destacando la falta de institucionalidad y normas de diseño adecuadas, así como la ausencia de criterios para minimizar la vulnerabilidad ante desastres. El estudio concluye que la reconstrucción o rehabilitación de infraestructura después de un desastre es más costoso que las medidas de mitigación. (Organización Panamericana de la Salud, 2003)

Vulnerabilidad Física y Exposición ante la Amenaza de Movimientos en Masa del Sistema de Agua Potable:

"Este estudio analiza la vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del sistema de agua potable Culebrillas. El análisis se centró en la capacidad del sistema para resistir y recuperarse después de un deslizamiento".(Moscoso-Vintimilla et al., 2021)

Potencial Vulnerabilidad Física de los Sistemas de Agua Potable:

“Este estudio encontró que, con un nivel de intensidad de sismo (VEI) de 3-4, la mayoría de las instalaciones pueden sufrir daños parciales y totales. Estos daños pueden ser mitigados mediante medidas de protección y adaptación”.(Moreira, 2017)

2.2. Marco conceptual

Amenaza

Una amenaza de desastres se define como un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (UNICEF, 2019).

2.2.1. Amenaza de deslizamiento

Los deslizamientos, también conocidos como deslizamientos de tierra o derrumbes, son fenómenos naturales en los que grandes masas de tierra, rocas o escombros se desplazan por una pendiente debido a la acción de la gravedad. Estos eventos pueden ocurrir de forma repentina, como en el caso de deslizamientos rápidos durante épocas de lluvias intensas o actividad sísmica, o de forma más lenta, como en deslizamientos lentos que pueden arrastrar parte de la capa vegetal de manera gradual. Los deslizamientos suelen ser más comunes en áreas con pendientes pronunciadas, y factores como el tipo de suelo, la topografía, la cantidad de lluvia, la actividad sísmica y la intervención humana, como la deforestación o la construcción en zonas vulnerables, pueden aumentar el riesgo de deslizamientos. Es importante identificar las zonas propensas a deslizamientos y tomar medidas preventivas para reducir el impacto de estos eventos en la población y en la infraestructura (Everest Geophysics, 2020).

Tipos de deslizamientos de tierra

Los deslizamientos de tierra se clasifican según su velocidad de movimiento, el material que se desplaza y el mecanismo de deslizamiento. Los tipos principales son:

Deslizamiento (slump):

Es el tipo más común de deslizamiento que ocurre cuando una porción de la ladera de un terreno se mueve en bloques grandes y de manera curvada, formando una especie de "dentado" en el suelo. Suele ser más lento que otros tipos y puede formar escarpes o líneas de corte en la ladera (Everest Geophysics, 2020).

Desprendimiento (rockfall):

Este tipo de deslizamiento involucra rocas o fragmentos grandes de roca que se desprenden de una pendiente vertical o casi vertical. Generalmente ocurre en zonas montañosas y de alta pendiente, y se produce de manera rápida.

Deslizamiento de tierra o deslizamiento superficial (landslide):

Es el movimiento de una masa de tierra, rocas y vegetación que se mueve hacia abajo, a menudo en grandes volúmenes, y puede ser abrupto o lento. El deslizamiento de tierra puede ser repentino o puede desarrollarse durante un largo período de tiempo (Biologia-Geologia, 2020).

Flujo de escombros (debris flow):

Es un deslizamiento rápido de agua y tierra, que transporta grandes cantidades de escombros, barro y rocas. Se mueve como una mezcla viscosa, similar a un lodo espeso, y tiene la capacidad de destruir rápidamente todo lo que encuentra a su paso.

Deslizamiento de tierra por flujo (earthflow):

Este tipo de deslizamiento se produce cuando una masa de tierra o arcilla se mueve lentamente por una pendiente. El movimiento es gradual y puede durar desde días hasta años.

2.2.2. Vulnerabilidad de los sistemas de agua de consumo humano

Los sistemas de agua de consumo humano se refieren a la infraestructura y procesos utilizados para garantizar que el agua destinada al consumo humano sea segura y cumpla con los estándares de calidad establecidos. Estos sistemas incluyen la captación, conducción, tratamiento y distribución controlando de la calidad del agua de consumo humano para asegurar que sea apta para el consumo humano. La normativa y regulaciones, como el Real Decreto en España, establecen los criterios técnicos y sanitarios para el suministro de agua de consumo humano, asegurando que se cumplan los requisitos de calidad y seguridad para proteger la salud de la población (Ministerio de la Presidencia, 2023). La vigilancia y control de las aguas destinadas al abastecimiento son fundamentales para garantizar la calidad del agua y prevenir riesgos para la salud de la población (SINAC, 2020).

Tanques de Captación

Los tanques de captación en un sistema de agua para consumo humano son estructuras que recogen y almacenan agua de lluvia, la cual se somete a tratamiento para garantizar su calidad. Estos tanques son esenciales en áreas con escasez de agua potable, permitiendo un suministro adicional y contribuyendo a la seguridad hídrica al diversificar las fuentes de abastecimiento de agua. (Jiménez, 2017).

Línea de conducción

Es una red de tuberías o canales que transportan el agua desde la fuente de captación hasta las instalaciones de tratamiento. Esta línea debe ser resistente y bien sellada para evitar pérdidas y asegurar que el agua llegue de manera segura al siguiente punto del sistema. En este tramo, el agua puede viajar largas distancias, dependiendo de la ubicación de la fuente y del sistema de distribución.

Tanque de tratamiento

Es una instalación donde el agua recolectada pasa por una serie de procesos de purificación antes de ser distribuida para consumo humano. Estos procesos incluyen: **filtración, desinfección y sedimentación.** Estos procesos aseguran que el agua cumpla con los estándares de calidad necesarios para ser considerada segura para el consumo humano.

Línea de distribución

Es la red de tuberías que transporta el agua tratada desde el tanque de tratamiento hasta las viviendas, empresas, escuelas y otros lugares donde se consume. Este sistema de distribución debe estar diseñado para llegar de manera eficiente a toda la comunidad, asegurando una presión adecuada y evitando pérdidas. En áreas urbanas, suele ser un sistema extenso de tuberías subterráneas, mientras que en áreas rurales puede consistir en sistemas más simples que llevan el agua hasta puntos de acceso como grifos o tanques de almacenamiento comunitarios

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad ante riesgos de desastres se refiere a la susceptibilidad de una persona o comunidad, sistema u objeto a sufrir daños frente a amenazas naturales, como desastres naturales. Esta vulnerabilidad puede manifestarse en diferentes formas, dependiendo de factores como la pobreza, la fragilidad de la infraestructura, la falta de capacidad de respuesta adecuada, entre otros (Enciclopedia Significados, 2020). En el contexto de América Latina y el Caribe, la alta exposición a fenómenos naturales combinada con características de vulnerabilidad social, económica, física, ambiental y política-institucional, contribuye a una mayor incidencia de desastres naturales en la región (Zapata Martí et al., 2000). La medición de la vulnerabilidad ante desastres es crucial para comprender y gestionar eficazmente los riesgos, y se realiza a través de

indicadores que evalúan aspectos tangibles de vulnerabilidad social, exposición a riesgos y susceptibilidad (Tsuneki, 2018).

Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física ante desastres naturales se refiere a la propensión o susceptibilidad de una estructura, infraestructura o comunidad a sufrir daños físicos debido a la ocurrencia de eventos naturales adversos. Esta vulnerabilidad está determinada por diversos factores, como la ubicación geográfica, la calidad de la construcción, la resistencia de los materiales y la capacidad de respuesta ante emergencias. En resumen, la vulnerabilidad física implica la fragilidad o debilidad de un sistema o entidad frente a la acción destructiva de fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, huracanes, entre otros.

2.3. Marco referencial

La vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano ante deslizamientos de tierra es un problema crítico en áreas geográficas como la parroquia Régulo de Mora, ubicada en el cantón San Miguel, donde la combinación de pendientes pronunciadas y suelos inestables incrementa significativamente los riesgos. Esta vulnerabilidad hace referencia a la susceptibilidad de las infraestructuras que captan, almacenan y distribuyen agua potable a sufrir daños por deslizamientos, lo que podría interrumpir el suministro de este recurso vital. Según **(URQUIZA & BILLI, 2020)**, garantizar un sistema de agua resiliente es esencial para evitar interrupciones en el servicio que puedan tener graves repercusiones sanitarias, sociales y económicas en las comunidades locales.

El diagnóstico de esta vulnerabilidad física es fundamental para entender los riesgos que enfrenta la infraestructura de captación en Régulo de Mora. Herramientas tecnológicas como

ARGIS permiten realizar análisis geoespaciales detallados que mapean áreas de riesgo, evaluando la topografía y las características geológicas de la zona. Esto permite identificar los puntos críticos donde los tanques de captación están más expuestos a deslizamientos (Gonzalez, 2005). Este análisis se complementa con datos cualitativos obtenidos a través de entrevistas con técnicos locales y revisión de estudios previos, integrando así una visión completa de la situación.

Una vez identificadas las áreas de mayor riesgo, el siguiente paso es evaluar la estabilidad de los taludes que rodean los tanques de captación. El uso del software Geo5 resulta crucial, ya que permite modelar escenarios de deslizamientos, calcular el factor de seguridad del terreno y analizar los factores geológicos y climáticos que podrían desencadenar fallos estructurales. Según González-Valencia **(2023),** este enfoque cuantitativo facilita la simulación de distintos escenarios, proporcionando información clave para diseñar medidas técnicas que refuercen la resistencia de los taludes y minimicen riesgos.

La combinación de análisis cualitativos y cuantitativos asegura una evaluación integral de la vulnerabilidad física en Régulo de Mora. A partir de los resultados, se pueden proponer medidas preventivas específicas como la estabilización de taludes mediante la construcción de muros de contención, la mejora de sistemas de drenaje para reducir la saturación del suelo y, en casos extremos, la reubicación de tanques en áreas más seguras (Escobar & Duque, 2017). Estas intervenciones no solo protegen la infraestructura existente, sino que también garantizan la sostenibilidad del suministro de agua potable para la comunidad.

La implementación de estas medidas es fundamental para asegurar la continuidad del suministro de agua limpia y segura, beneficiando directamente a los habitantes de Régulo de Mora. En un contexto más amplio, también impacta positivamente al cantón San Miguel, ya que

un sistema de agua potable resiliente contribuye al desarrollo sostenible y la salud pública (Fernández, 2020). Durante crisis o desastres naturales, la existencia de un sistema robusto puede marcar la diferencia entre la seguridad y la vulnerabilidad extrema.

El papel de herramientas como ARGIS y Geo5 en este proceso es invaluable. ARGIS facilita la visualización precisa de las áreas de riesgo, permitiendo una mejor planificación y toma de decisiones, mientras que Geo5 proporciona análisis detallados de estabilidad del terreno que son cruciales para diseñar estrategias de mitigación efectivas. La integración de estas tecnologías con datos cualitativos y cuantitativos asegura un enfoque exhaustivo que aborda tanto los aspectos técnicos como sociales de la vulnerabilidad.

2.4. Marco legal

El marco legal vigente en Ecuador establece una sólida base para la gestión y protección de los sistemas de agua potable, con énfasis en la prevención de riesgos naturales, como los deslizamientos de tierra. Este marco incluye disposiciones constitucionales, acuerdos internacionales, leyes orgánicas, y normativas técnicas que son esenciales para garantizar el derecho al agua y la seguridad de las infraestructuras asociadas.

Constitución de la República del Ecuador (2008)

La Constitución reconoce en su Artículo 12 el acceso al agua potable como un derecho humano fundamental. Asimismo, el Artículo 414 obliga al Estado a adoptar medidas para mitigar desastres naturales, como los deslizamientos, protegiendo infraestructuras críticas. Estas disposiciones resaltan la importancia de garantizar la resiliencia del sistema de agua de la parroquia Régulo de Mora frente a deslizamientos de tierra, alineando las acciones del trabajo con el mandato constitucional.

Acuerdos Internacionales

Ecuador es parte de la Convención de la ONU sobre el Derecho de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales y de la Agenda 2030 para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El ODS 6, que promueve la gestión sostenible del agua y saneamiento, refuerza el compromiso de este trabajo con prácticas sostenibles y soluciones a largo plazo que reduzcan la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable ante deslizamientos.

Leyes Orgánicas y Generales

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014): Establece directrices para la protección de las fuentes de agua y las infraestructuras hidráulicas. Este trabajo cumple con los principios de la ley al evaluar y proponer medidas preventivas para garantizar la seguridad de los tanques de captación y conducción en Régulo de Mora.

Ley de Gestión de Riesgos (2024): Obliga a la evaluación de vulnerabilidades y la implementación de medidas preventivas en infraestructuras críticas. Este proyecto responde directamente a esta normativa mediante el análisis de la estabilidad de taludes y la identificación de áreas de riesgo para mitigar deslizamientos.

Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (2016): Regula el uso del suelo, promoviendo la identificación de áreas de riesgo y la planificación territorial para reducir la vulnerabilidad. Este estudio aplica estos principios al identificar taludes inestables y proponer reubicaciones de tanques en zonas más seguras.

Reglamentos y Normas Técnicas

Reglamento General a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos (2015): Detalla medidas técnicas preventivas, como la evaluación de taludes y sistemas de drenaje, fundamentales para este trabajo.

Acuerdo Ministerial 034 (2016): Promueve tecnologías sostenibles y prácticas para reducir la vulnerabilidad de las infraestructuras hídricas ante desastres naturales, alineándose con las propuestas de mitigación planteadas en este proyecto.

Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2244 (2014): Especifica requisitos técnicos para la evaluación y construcción de infraestructuras hidráulicas, incluyendo criterios para garantizar la estabilidad de taludes y la resistencia de los tanques de captación. Este proyecto cumple con estas especificaciones mediante el uso de herramientas como GEO5 para modelar la estabilidad del terreno.

Influencia en el Trabajo Realizado

Este marco legal proporciona el respaldo normativo y técnico necesario para estructurar el trabajo realizado en Régulo de Mora. Desde los principios constitucionales y los compromisos internacionales hasta las normativas específicas de diseño y mitigación de riesgos, todas las acciones del estudio se alinean con la legislación ecuatoriana y los estándares internacionales.

La implementación de este marco en el trabajo permite:

Identificar áreas de alto riesgo y proponer soluciones para proteger la infraestructura hídrica.

Asegurar que las medidas preventivas cumplan con las especificaciones técnicas nacionales e internacionales.

Contribuir a la sostenibilidad del sistema de agua de consumo humano, garantizando su resiliencia frente a desastres naturales.

2.5. Variables

Variable independiente: amenazas de deslizamientos

Variable dependiente: vulnerabilidad física del sistema de agua

2.6. Operacionalización de variables

Nombre de la Variable	Descripción de la Variable	Dimensión	Indicador	Cómo se medirá el Indicador
Amenazas de deslizamientos (Variable independiente)	Factores geológicos, climáticos y humanos que contribuyen al riesgo de deslizamientos en la parroquia.	Características del terreno	Tipo de suelo predominante	Análisis geotécnico del suelo (arcilloso, arenoso, rocoso, otros).
		Frecuencia de deslizamientos	Número de deslizamientos registrados en el último año	Registro de eventos reportados en informes locales y entrevistas comunitarias.
		Severidad de deslizamientos	Nivel de daño causado por deslizamientos	Clasificación en leve, moderado o severo según evaluación técnica de impacto.
		Factores desencadenantes	Lluvias intensas, sismos, actividad humana	Registro meteorológico, histórico sísmico y observación directa.
Vulnerabilidad física del sistema de agua (Variable dependiente)	Nivel de susceptibilidad de la infraestructura hídrica ante posibles fallos por deslizamientos de tierra.	Infraestructura del sistema de agua	Estado estructural de tanques de captación y conducción	Inspección visual y registro en check list (escala cualitativa: excelente, bueno, regular, malo).
		Ubicación geográfica	Proximidad a zonas de riesgo	Medición en metros entre el sistema de agua y las zonas de deslizamiento.
		Materiales constructivos	Tipo de material empleado en tanques y tuberías	Identificación del material usado mediante observación directa y fichas técnicas.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo e investigación

3.1.1. Investigación cualitativa

La investigación es de naturaleza cualitativa porque busca comprender la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano desde una perspectiva descriptiva y exploratoria. Según Sampieri (2018), la investigación cualitativa se enfoca en entender fenómenos complejos y detallados en contextos específicos, permitiendo una mayor profundidad en la comprensión de las realidades observadas. En este estudio, se analiza cómo las condiciones estructurales, materiales de construcción, antigüedad, ubicación geográfica y factores de riesgo afectan la vulnerabilidad del sistema de agua de consumo humano ante deslizamientos, sin cuantificar necesariamente los resultados de manera estadística.

3.1.2. Investigación de campo

Esta investigación es de campo porque se realiza en el lugar donde ocurren los hechos. Sampieri (2018) señala que la investigación de campo implica la recolección de datos directamente en el lugar de estudio para obtener información precisa y contextual. En este caso, se visitó la parroquia Régulo de Mora para observar y medir las condiciones del sistema de agua, evaluar la proximidad a zonas de riesgo, y registrar la frecuencia y severidad de los deslizamientos, así como los factores desencadenantes, todo ello in situ.

3.1.3. Investigación no experimental

La investigación se clasifica como no experimental porque no manipula deliberadamente las variables independientes para observar sus efectos en las variables dependientes. Según Sampieri (2018), en los estudios no experimentales, el investigador observa y recolecta datos sobre variables tal como se presentan en el entorno natural, sin intervención directa. En este

estudio, se analiza la vulnerabilidad física de los tanques de captación frente a deslizamientos observando las condiciones existentes y registrando datos sobre eventos pasados, sin alterar el entorno o las condiciones del sistema de agua.

3.1.4. Investigación documental

Finalmente, la investigación es también documental porque se basa en la revisión y análisis de documentos, normas legales y registros históricos. Sampieri (2018)define la investigación documental como aquella que utiliza fuentes escritas y electrónicas para obtener información relevante sobre el tema de estudio. En este caso, se hace referencia a la Constitución de la República del Ecuador, leyes orgánicas, reglamentos específicos y normativas técnicas, para contextualizar y fundamentar la evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano.

3.2. Tipo de estudio

3.2.1. Estudio descriptivo

El estudio es descriptivo porque tiene como objetivo principal caracterizar y describir la vulnerabilidad física de los tanques de captación de agua ante deslizamientos en la parroquia Régulo de Mora. Hernández Sampieri (2018) define los estudios descriptivos como aquellos que buscan especificar propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se investigue. En este caso, se describen detalladamente las condiciones estructurales de los componentes del sistema de agua, la ubicación geográfica, y otros aspectos relevantes que contribuyen a la vulnerabilidad frente a deslizamientos.

3.2.2. Estudio de cohorte transversal

El estudio también se considera de cohorte transversal porque se realiza una única medición en el tiempo de los componentes del sistema agua específico, en este caso durante el

periodo 2024. Según Hernández Sampieri (2018), los estudios de cohorte transversal recogen datos de una muestra representativa en un solo momento del tiempo, sin seguimiento a lo largo del tiempo. Esto permite obtener una instantánea de la situación actuales de los componentes del sistema de agua en relación con su vulnerabilidad física ante deslizamientos, sin evaluar cambios longitudinales en el tiempo.

Por lo tanto, el estudio es descriptivo porque detalla las características y condiciones actuales de los tanques de captación, y es de cohorte transversal porque realiza una única medición en el tiempo para evaluar la situación presente de vulnerabilidad. Estas características metodológicas permiten obtener una visión clara y específica de la problemática estudiada, conforme a las definiciones y criterios establecidos por Hernández Sampieri en su obra "Metodología de la Investigación" (2018).

3.3. Técnicas de recolección de la información

Para el levantamiento de información en este estudio se prevé utilizar la técnica del Check list, la cual estará respaldada por un formato diseñado específicamente para recolectar datos sobre la vulnerabilidad física de los tanques de captación de agua ante deslizamientos. Este formato se basa en los indicadores y escalas previamente definidos, permitiendo una recolección sistemática y estandarizada de la información necesaria.

3.4. Técnicas de procesamiento de la información

1. Diseño del check list

Definir el propósito: Lo primero es definir claramente para qué se está creando el check list. Por ejemplo, puede ser para evaluar la seguridad de una infraestructura, revisar el cumplimiento de normas en un proyecto o evaluar la asistencia en un evento.

Identificar los elementos: A continuación, se determinan los ítems o aspectos que deben ser verificados. Estos deben estar claramente relacionados con el objetivo del check list. Los ítems pueden ser preguntas o afirmaciones que permitan marcar si se cumple o no un criterio.

2. Recolección de datos

Aplicar el check list: Una vez diseñado, el siguiente paso es aplicar el check list en el entorno adecuado. Se puede hacer mediante observaciones directas, entrevistas o inspecciones. Por ejemplo, si el check list es para evaluar el estado de una infraestructura, se visitan los lugares correspondientes y se verifica cada ítem uno por uno.

Registro de respuestas: Se marcarán las respuestas correspondientes en el check list, que generalmente se hacen con opciones como "Sí", "No" o "N/A" (No aplicable), según cada ítem. Esto genera un conjunto de datos binarios o categóricos fáciles de interpretar.

3. Organización de los resultados

Clasificación de los datos: Una vez recolectadas todas las respuestas del check list, se organizan los resultados. Esto puede implicar agrupar los ítems que han sido marcados como cumplidos o no cumplidos. Si el check list tiene varias categorías (por ejemplo, seguridad, calidad, mantenimiento), los datos se agrupan según esas categorías.

Categorización: Se puede realizar una categorización o clasificación para ver cuáles áreas cumplen más o menos con los criterios evaluados, facilitando la identificación de puntos críticos.

4. Análisis de los resultados

Cuantificación: Dependiendo del tipo de check list, los resultados se pueden cuantificar. Por ejemplo, se podría calcular un porcentaje de cumplimiento sumando los ítems marcados

como "Sí" y dividiéndolos entre el total de ítems. Esto daría una medida rápida del desempeño general.

Identificación de áreas críticas: El análisis también puede ayudar a identificar áreas críticas que requieren atención, basándose en los ítems que no fueron cumplidos. Si varios ítems relacionados con la seguridad no cumplen, eso puede indicar que se necesita una intervención urgente.

Interpretación cualitativa: En algunos casos, también es necesario interpretar cualitativamente los resultados, especialmente si el check list incluye comentarios o detalles adicionales que explican por qué ciertos ítems no fueron cumplidos.

Criterios de evaluación.

En el componente de los tanques de captación se consideró 9 variables 1) estado estructural de los tanques de captación, 2) material de construcción, 3) antigüedad de los tanques, 4) distancia de los tanques a zonas de deslizamientos, 5) tipo de suelo donde está ubicado los tanques, 6) deslizamientos registrados en la zona 7) severidad de los deslizamientos en la infraestructura, 8) factores predominantes que causan deslizamientos en la zona, 9) medidas preventivas contra deslizamientos. Se ha tomado como base a la metodología del PNUD, adaptándola a nuestras tablas de análisis, para los indicadores se asignó un peso de ponderación, distribuidos entre 1 a 10, de acuerdo a la importancia que tendría en la funcionalidad y vulnerabilidad de cada componente del sistema de agua para consumo humano. Finalmente, al multiplicar el valor del indicador por el peso de ponderación se obtiene el valor máximo, cuya sumatoria da como resultado el índice de vulnerabilidad física que a su vez determina el nivel de vulnerabilidad del componente del sistema.

Tabla 1
Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de captación.

Componente	Indicadores	Escala Cualitativa	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo
Captación.	Estado estructural de s tanques de ıptación.	excelente	1	1	10
		bueno	1,5		
		regular	5		
		malo	10		
	Material de construcción.	hormigón	1	2	20
		acero	3		
		plástico	9		
		otros	10		
	Antigüedad de los tanques.	menos de 5 años	1	1	10
		5-10 años	5		
		más de 10 años	10		
	Distancia de los tanques a zonas de deslizamientos	muy cerca	10	1	10
		moderadamente cerca	5		
		lejos	1		
	Tipo de suelo donde está ubicado los tanques.	rocoso	5	1	10
		arcilloso	8		
		arenoso	9		
		otros	10		
	Deslizamientos registrados en la zona.	ninguno	1	1	10
		1 a 2	5		
		más de 3	10		
	Severidad de los deslizamientos en la infraestructura.	leve	1	1	10
		moderado	5		
		severo	10		
	Factores predominantes que causan deslizamientos en la zona.	lluvias intensas	10	1	10
		sismos	4		
		actividad humana	5		
		otros	1		
	Medidas preventivas contra deslizamientos.	Si	1	1	10
		no	10		
			TOTAL	10	100

Tabla 2

Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de conducción.

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Línea de Conducción	Estado actual de la tubería.	Excelente	1		
		Bueno	1,5		
		Regular	5		
		Malo	10	2,5	25
	Material de tubería.	PVC	5		
		Acero galvanizado	1		
		Polietileno	10	2,5	25
	Proximidad de la tubería.	Muy cerca	10		
		Moderadamente cerca	5		
		Lejos	1	2,5	25
	Medidas Preventivas contra deslizamientos	Si	1		
		No	10	2,5	25
			TOTAL	10	100

Tabla 3

Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de tratamiento.

Componente	Indicadores	Escala Cualitativa	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo
Tratamiento	Estado estructural e los tanques de ıptación.	excelente	1	1	10
		bueno	1,5		
		regular	5		
		malo	10		
	Material de construcción.	hormigón	1	2	20
		acero	3		
		plástico	9		
		otros	10		
	Antigüedad de los tanques.	menos de 5 años	1	1	10
		5-10 años	5		
		más de 10 años	10		
	Distancia de los tanques a zonas de deslizamientos	muy cerca	10	1	10
		moderadamente cerca	5		
		lejos	1		
	Tipo de suelo donde está ubicado los tanques.	rocoso	5	1	10
		arcilloso	8		
		arenoso	9		
		otros	10		
	Deslizamientos registrados en la zona.	ninguno	1	1	10
		1 a 2	5		
		más de 3	10		
	Severidad de los deslizamientos en la infraestructura.	leve	1	1	10
		moderado	5		
		severo	10		
	Factores predominantes que causan deslizamientos en la zona.	lluvias intensas	10	1	10
		sismos	4		
		actividad humana	5		
		otros	1		
	Medidas preventivas contra deslizamientos.	Si	1	1	10
		no	10		
			TOTAL	10	100

Tabla 4
Criterios para la evaluación de la vulnerabilidad física de los tanques de línea de distribución.

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Distribución	Estado actual de la tubería.	Excelente	1	2,5	25
		Bueno	1,5		
		Regular	5		
		Malo	10		
	Material de tubería.	PVC	5	2,5	25
		Acero galvanizado	1		
		Polietileno	10		
	Proximidad de la tubería.	Muy cerca	10	2,5	25
		Moderadamente cerca	5		
		Lejos	1		
	Medidas Preventivas contra deslizamientos.	Si	1	2,5	25
		No	10		
			TOTAL	10	100

Los valores de los índices de cada componente del sistema permiten determinar el nivel de vulnerabilidad en base a los criterios que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5
Rangos de índices y nivel de vulnerabilidad para el sistema de agua de consumo humano Régulo de Mora.

Rango de índice	Representación.
De 1 a 33 puntos.	Baja
De 34 a 66 puntos.	Media
De 67 a 100 puntos.	Alta

Universo de Estudio

Según Roberto Hernández Sampieri (2018), el universo de estudio se entiende como el conjunto total de personas, objetos o fenómenos que están siendo objeto de análisis, y que comparten características específicas que los definen dentro del contexto de la investigación. Si bien es posible investigar todo el conjunto, en la mayoría de los casos, se opta por seleccionar una parte representativa de este universo, conocida como muestra, para llevar a cabo el estudio de manera más práctica y eficiente. Esta muestra debe reflejar las mismas características del universo, permitiendo hacer inferencias válidas sobre el total del conjunto sin necesidad de analizar cada elemento individualmente. En la presente investigación el universo de estudio esta conformado por 1,005 habitantes de la parroquia Regulo de Mora información actualizada en el 2022.

Muestra

La muestra es un subconjunto representativo del universo de estudio, seleccionado para obtener información relevante sin necesidad de examinar a toda la población. Una muestra cuali-cuantitativa combina datos cualitativos (percepciones y experiencias) y cuantitativos (datos medibles), lo que enriquece el análisis del fenómeno. Hernández Sampieri señala que, en estudios cualitativos, el tamaño de la muestra depende más de la profundidad de la información que del número de participantes. Además, sugiere rangos flexibles según el tipo de investigación y los objetivos, garantizando una selección que permita generalizar los resultados y profundizar en los aspectos clave del problema.

En la parroquia Regulo de Mora se tomó en cuenta a los 50 usuarios mismos que constan en el listado de proyecto legalizado de la junta de agua de consumo, documento que nos fue facilitado por él presidente de la junta de agua, Sr. Segundo Paredes.

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1

Objetivo: Realizar un diagnóstico actual de la vulnerabilidad física del sistema de agua de consumo humano de la parroquia Regulo de Mora.

Análisis

El análisis de la tabla basada en la metodología de la ONU evalúa el nivel de riesgo asociado a la captación de agua frente a deslizamientos, considerando una serie de indicadores relevantes. El estado estructural de los tanques de captación es "regular", lo que representa un alto riesgo (valor 10). El material de construcción, en este caso, hormigón, es un aspecto positivo debido a su resistencia (valor 1). Sin embargo, la antigüedad de los tanques, que supera los 10 años, aumenta significativamente la vulnerabilidad (valor 10).

La ubicación de los tanques "muy cerca" de zonas de deslizamientos, combinada con la presencia de suelo arcilloso (valor 8), incrementa el riesgo debido a la inestabilidad inherente del terreno. Además, se han registrado entre 1 y 2 deslizamientos en la zona, lo que suma al riesgo (valor 5), y estos han tenido una severidad "moderada" (valor 5). Entre los factores que más contribuyen a los deslizamientos están las lluvias intensas (valor 10), lo cual es una amenaza recurrente.

En consecuencia, la falta de medidas preventivas contra deslizamientos eleva considerablemente el nivel de riesgo (valor 10). El puntaje total de 70 sobre 100 refleja un nivel de riesgo alto, indicando la necesidad urgente de intervenciones estructurales y preventivas para garantizar la seguridad y funcionalidad de la captación de agua frente a deslizamientos.

Tabla 6

Componente Captación

Componente	Indicadores	Escala Cualitativa	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo
Captación	Estado estructural de los tanques de captación	Regular	10	1	10
	Material de construcción	Hormigón	1	2	2
	Antigüedad de los taques	más de 10 años	10	1	10
	Distancia de los tanques a zonas de deslizamientos	muy cerca	10	1	10
	Tipo de suelo donde está ubicado los tanques	Arcilloso	8	1	8
	Deslizamientos registrados en la zona	1 a 2	5	1	5
	Severidad de los deslizamientos en la infraestructura	Moderado	5	1	5
	Factores predominantes que causan deslizamientos en la zona	lluvias intensas	10	1	10
	Medidas preventivas contra deslizamientos	No	10	1	10
			TOTAL	10	**70**

Análisis

La tabla muestra que el indicador más relevante es la ausencia de medidas preventivas contra deslizamientos, con un peso de ponderación de 2.5. Esto sugiere que, aunque la tubería esté en buen estado y sea de un material adecuado (PVC), la falta de medidas preventivas es una debilidad significativa. La distancia de la tubería a zonas de deslizamientos también es un aspecto que influye positivamente para que el servicio de agua no se suspenda de forma repentina en caso de desarrollarse algún deslizamiento.

Por lo tanto, la falta de medidas preventivas contra deslizamientos eleva considerablemente el nivel de vulnerabilidad. El puntaje total de 43,75 sobre 100 refleja un nivel de vulnerabilidad medio, indicando la necesidad de intervenciones estructurales y preventivas para garantizar la seguridad y funcionalidad de la línea de conducción de agua frente a deslizamientos.

Tabla 7

Componente línea de conducción

Componente	**Indicadores**	**Escala cualitativa**	**Valor indicador**	**Peso ponderación**	**Valor máximo**
Línea de Conducción	Estado actual de la tubería	Bueno	1,5	2,5	3,75
	Material de tubería	PVC	5	2,5	12,5
	Distancia de los tanques a zonas de deslizamientos	Lejos	1	2,5	2,5
	Medidas Preventivas contra deslizamientos	No	10	2,5	25
			TOTAL	10	43,75

Análisis

El análisis de la tabla del componente de tratamiento muestra un nivel de vulnerabilidad media total de 35,5 sobre 100. El estado estructural de los tanques de tratamiento es "bueno", lo

que aporta positivamente con un valor de 1,5 y una ponderación de 1,5. Además, el material de construcción es "hormigón", lo cual también es favorable, sumando 2 puntos al total.

Sin embargo, la antigüedad de los tanques, que supera los 10 años, representa un riesgo significativo, con un valor de 10 y una ponderación de 10. Por otro lado, la distancia de los tanques a las zonas de deslizamientos es "lejos", lo que reduce el riesgo, asignándose un valor de 1 con una ponderación de 1. Respecto al tipo de suelo, al ser "arcilloso", contribuye con un riesgo moderado de 8 puntos.

La zona donde se encuentran los tanques no presenta deslizamientos registrados ni una severidad considerable, ambas variables con valores bajos de riesgo (1 punto cada una). Asimismo, los factores predominantes en la zona son clasificados como "otros", minimizando el impacto con solo 1 punto. Sin embargo, la falta de medidas preventivas contra deslizamientos incrementa el nivel de riesgo considerablemente con un valor de 10 y una ponderación de 10.

Tabla 8

Componente Tratamiento

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Tratamiento	Estado estructural de los tanques de tratamiento	Bueno	1,5	1	1,5
	Material de construcción	Hormigón	1	2	2
	Antigüedad de los taques	más de 10 años	10	1	10
	Distancia de los tanques a zonas de deslizamientos	lejos	1	1	1
	Tipo de suelo donde está ubicado los tanques	Arcilloso	8	1	8
	Deslizamientos registrados en la zona	Ninguno	1	1	1

	Severidad de los deslizamientos en la infraestructura	leve	1	1	1
	factores predominantes que causan deslizamientos en la zona	Otros	1	1	1
	medidas preventivas contra deslizamientos	No	10	1	10
			TOTAL	10	35,5

Análisis

El análisis del componente de distribución refleja un nivel de vulnerabilidad media, con un puntaje total de 43,75 sobre 100. El estado actual de la tubería es "bueno", lo que contribuye positivamente con un valor de 1,5 y una ponderación de 2,5, alcanzando 3,75 puntos. El material de la tubería, siendo de PVC, presenta un nivel de riesgo medio, con un valor de 5 y una ponderación de 2,5, sumando 12,5 puntos.

La proximidad de la tubería, clasificada como "lejos", disminuye el nivel de vulnerabilidad, asignándose un valor de 1 con una ponderación de 2,5, resultando en 2,5 puntos. Sin embargo, la ausencia de medidas preventivas contra deslizamientos representa un factor crítico, incrementando significativamente el riesgo con un valor de 10 y una ponderación de 2,5, sumando 25 puntos.

Debemos manifestar, aunque el estado actual de la tubería y su proximidad reducen el nivel de vulnerabilidad general, el material de la tubería y, especialmente, la falta de medidas preventivas, elevan el nivel de vulnerabilidad del sistema de distribución. Se recomienda

implementar acciones correctivas, especialmente en cuanto a medidas preventivas, para mejorar la seguridad de este componente.

Tabla 9

Componente distribución

Componente	Indicadores	Escala cualitativa	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Distribución	Estado actual de la tubería	Bueno	1,5	2,5	3,75
	Material de tubería	PVC	5	2,5	12,5
	Proximidad de la tubería	lejos	1	2,5	2,5
	Medidas Preventivas contra deslizamientos	No	10	2,5	25
			TOTAL	10	43,75

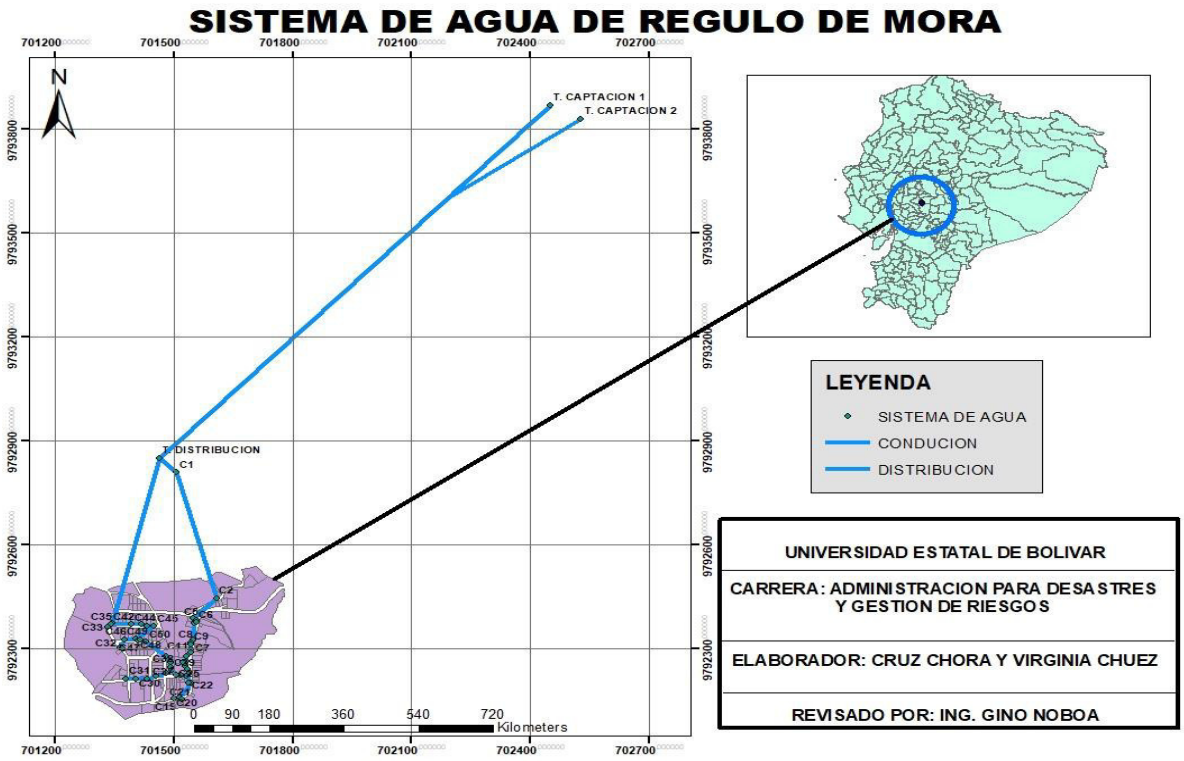
4.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2

Objetivo: Establecer el nivel de estabilidad de taludes de la zona donde está ubicado el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Regulo de Mora.

Análisis.

La ubicación del sistema de agua, iniciando en los tanques de captación hasta la red de distribución, el mapa no es completo por que la información de esta ubicación geográfica no está a disposición de manera completa por razones de seguridad y también por cuestiones climatológicas que impide una adecuada visualización del mencionado sistema de la parroquia Regulo de Mora.

Ilustración 1
Mapa del Sistema de Agua de Regulo de Mora



Nota: En el mapa que antecede se puede tener la ubicación del sistema de agua de consumo humano de la parroquia Regulo de Mora del cantón San Miguel de Bolívar.

Análisis de la Estabilidad del Talud de los tanques de captación

El presente grafico generado con **GEO5**, usando el método de **Bishop**, que es comúnmente empleado para evaluar superficies de deslizamiento circulares.

En el gráfico de la derecha, se muestra nuevamente un talud con una escala de colores que representa el **factor de seguridad** (FoS), donde los colores van de **rojo** (0.65) a **verde** (2.03). Las zonas **rojas** y **naranjas** indican un bajo factor de seguridad, mientras que las zonas **verdes** son más estables.

Método de análisis: El método utilizado es el de **Bishop**, que calcula la estabilidad de pendientes considerando las fuerzas activas y pasivas en la superficie de deslizamiento circular.

Resultados de la verificación de estabilidad:

Fuerzas activas (FaF_aFa): 1102.66 kN/m.

Fuerzas pasivas (FpF_pFp): 717.99 kN/m.

Momento de deslizamiento (MaM_aMa): 42827.28 kNm/m.

Momento estabilizador (MpM_pMp): 27886.70 kNm/m.

Factor de seguridad: 0.65<1.000.65 < 1.000.65<1.00.

El análisis muestra que el factor de seguridad del talud es de 0.65, lo que significa que está muy por debajo del valor aceptable de 1.0. Esto indica que el talud es inestable y existe un alto riesgo de deslizamiento. En el resultado de la verificación, se menciona que la estabilidad del talud NO es aceptable. Por lo que es importante tomar medidas para reforzar la estructura o modificar el diseño del talud para mejorar la estabilidad y evitar un posible fallo.

Ilustración 2
Análisis Estabilidad del Talud de los tanques de captación.

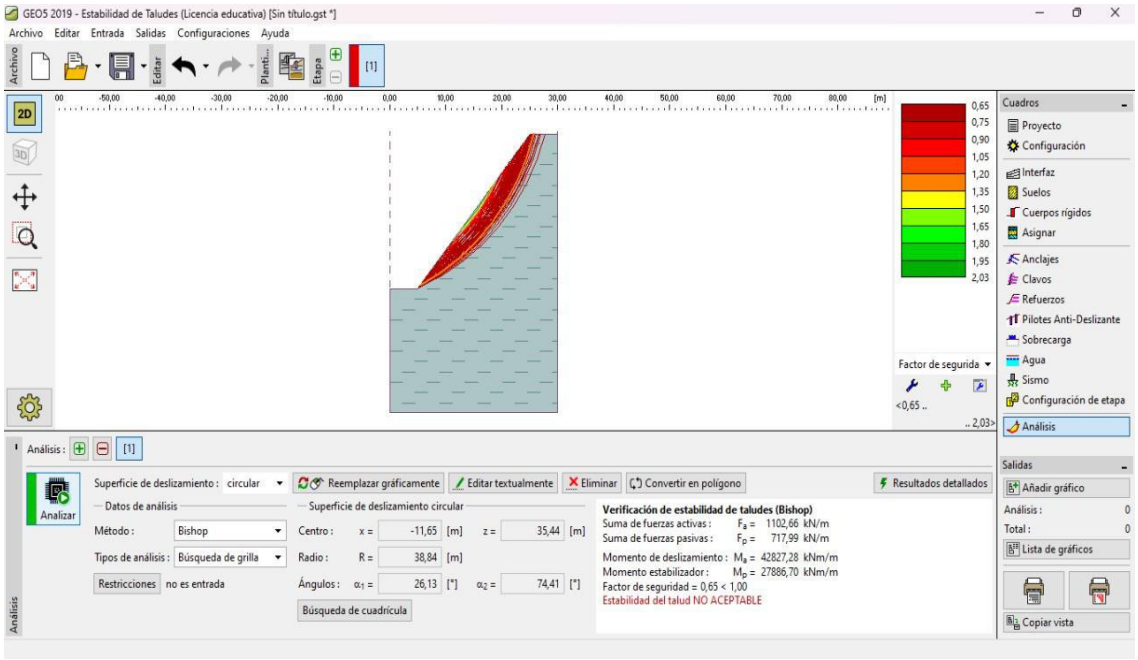


Tabla 10

Estabilidad de Taludes resultados detallados

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : F_a = 1102,66 kN/m

Suma de fuerzas pasivas : F_p = 717,99 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 42827,28 kNm/m

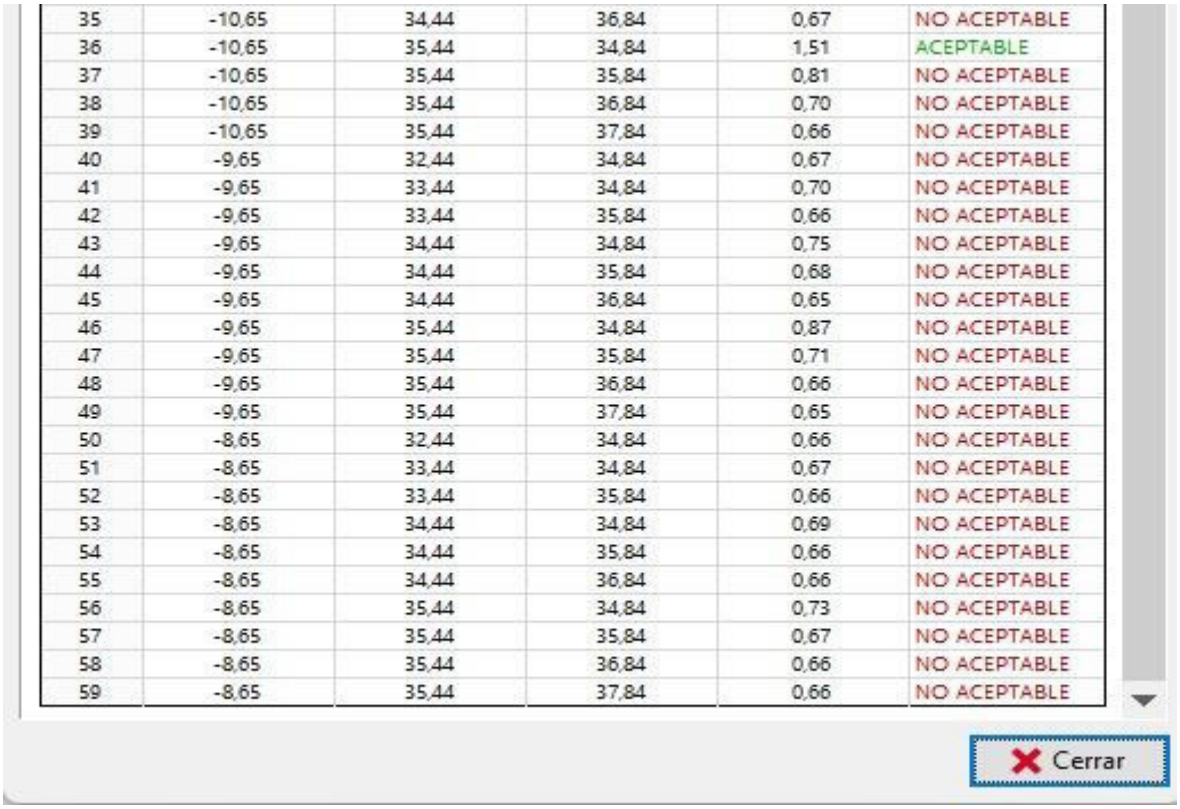
Momento estabilizador : M_p = 27886,70 kNm/m

Factor de seguridad = 0,65 < 1,00

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

Nro.	Centro x [m]	Centro z [m]	Radio R [m]	FS	Verificación
1	-12,65	31,44	34,84	0,83	NO ACEPTABLE
2	-12,65	31,44	35,84	0,70	NO ACEPTABLE
3	-12,65	32,44	34,84	1,10	ACEPTABLE
4	-12,65	32,44	35,84	0,76	NO ACEPTABLE
5	-12,65	33,44	35,84	0,90	NO ACEPTABLE
6	-12,65	33,44	36,84	0,72	NO ACEPTABLE
7	-12,65	34,44	35,84	1,39	ACEPTABLE
8	-12,65	34,44	36,84	0,80	NO ACEPTABLE
9	-12,65	34,44	37,84	0,69	NO ACEPTABLE
10	-12,65	35,44	36,84	1,01	ACEPTABLE
11	-12,65	35,44	37,84	0,74	NO ACEPTABLE
12	-12,65	35,44	38,84	0,67	NO ACEPTABLE
13	-11,65	31,44	34,84	0,72	NO ACEPTABLE
14	-11,65	32,44	34,84	0,80	NO ACEPTABLE
15	-11,65	32,44	35,84	0,69	NO ACEPTABLE
16	-11,65	33,44	34,84	1,00	NO ACEPTABLE
17	-11,65	33,44	35,84	0,74	NO ACEPTABLE
18	-11,65	33,44	36,84	0,67	NO ACEPTABLE
19	-11,65	34,44	34,84	2,03	ACEPTABLE
20	-11,65	34,44	35,84	0,85	NO ACEPTABLE
21	-11,65	34,44	36,84	0,71	NO ACEPTABLE
22	-11,65	34,44	37,84	0,66	NO ACEPTABLE
23	-11,65	35,44	35,84	1,18	ACEPTABLE
24	-11,65	35,44	36,84	0,77	NO ACEPTABLE
25	-11,65	35,44	37,84	0,68	NO ACEPTABLE
26	-11,65	35,44	38,84	0,65	NO ACEPTABLE
27	-10,65	31,44	34,84	0,68	NO ACEPTABLE
28	-10,65	32,44	34,84	0,71	NO ACEPTABLE
29	-10,65	32,44	35,84	0,67	NO ACEPTABLE
30	-10,65	33,44	34,84	0,77	NO ACEPTABLE
31	-10,65	33,44	35,84	0,68	NO ACEPTABLE
32	-10,65	33,44	36,84	0,66	NO ACEPTABLE
33	-10,65	34,44	34,84	0,92	NO ACEPTABLE
34	-10,65	34,44	35,84	0,73	NO ACEPTABLE



35	-10,65	34,44	36,84	0,67	NO ACEPTABLE
36	-10,65	35,44	34,84	1,51	ACEPTABLE
37	-10,65	35,44	35,84	0,81	NO ACEPTABLE
38	-10,65	35,44	36,84	0,70	NO ACEPTABLE
39	-10,65	35,44	37,84	0,66	NO ACEPTABLE
40	-9,65	32,44	34,84	0,67	NO ACEPTABLE
41	-9,65	33,44	34,84	0,70	NO ACEPTABLE
42	-9,65	33,44	35,84	0,66	NO ACEPTABLE
43	-9,65	34,44	34,84	0,75	NO ACEPTABLE
44	-9,65	34,44	35,84	0,68	NO ACEPTABLE
45	-9,65	34,44	36,84	0,65	NO ACEPTABLE
46	-9,65	35,44	34,84	0,87	NO ACEPTABLE
47	-9,65	35,44	35,84	0,71	NO ACEPTABLE
48	-9,65	35,44	36,84	0,66	NO ACEPTABLE
49	-9,65	35,44	37,84	0,65	NO ACEPTABLE
50	-8,65	32,44	34,84	0,66	NO ACEPTABLE
51	-8,65	33,44	34,84	0,67	NO ACEPTABLE
52	-8,65	33,44	35,84	0,66	NO ACEPTABLE
53	-8,65	34,44	34,84	0,69	NO ACEPTABLE
54	-8,65	34,44	35,84	0,66	NO ACEPTABLE
55	-8,65	34,44	36,84	0,66	NO ACEPTABLE
56	-8,65	35,44	34,84	0,73	NO ACEPTABLE
57	-8,65	35,44	35,84	0,67	NO ACEPTABLE
58	-8,65	35,44	36,84	0,66	NO ACEPTABLE
59	-8,65	35,44	37,84	0,66	NO ACEPTABLE

Análisis Estabilidad del Talud de los tanques de captación con nivel freático

Si los puntos proporcionados representan el nivel freático (NF), entonces el análisis cambia de enfoque. El nivel freático es la superficie que delimita la zona de saturación de agua en el suelo, y su posición en relación al talud es crucial para evaluar la estabilidad de la pendiente, ya que un nivel freático elevado puede reducir la resistencia al corte del suelo, aumentando el riesgo de deslizamientos.

Punto 1 (0,00; 0,00): En este punto, tanto la coordenada **X** como **Z** son 0, lo que sugiere que el nivel freático comienza en la base de la pendiente, alineado con la superficie del terreno.

Punto 2 (5,00; 0,00): A 5 metros en el eje **X**, el nivel freático sigue a 0 metros de altura. Esto indica que el nivel del agua se mantiene al ras del suelo en esta sección, lo cual puede representar una zona de saturación constante en la base del talud.

Punto 3 (25,00; 15,00): Aquí, el nivel freático sube considerablemente a 15 metros de altura en una distancia de 25 metros en el eje horizontal. Esto implica que el agua subterránea está presente más profundamente dentro del talud, lo que puede generar presiones de poro elevadas en esta zona, afectando negativamente la estabilidad.

Punto 4 (30,00; 25,00): Finalmente, el nivel freático alcanza los 25 metros de altura, en una distancia de 30 metros. Este aumento significativo en la elevación del nivel freático indica que la zona de saturación del suelo sigue la forma del talud, lo que podría estar ejerciendo una presión adicional sobre las capas superiores del terreno.

Interpretación General:

Elevación del nivel freático: El nivel freático sube gradualmente desde la base del talud hasta su parte superior. Este comportamiento es común en áreas donde el agua subterránea sigue la pendiente del terreno. Un nivel freático elevado, como el mostrado en los puntos **3 y 4**, puede contribuir a un aumento de la presión de agua en los poros, lo que reduce la resistencia del suelo al corte y aumenta la posibilidad de deslizamiento.

Impacto en la estabilidad del talud: Un nivel freático elevado, especialmente cerca de la superficie del talud, puede ser un factor crítico de inestabilidad. La saturación del suelo debida a un nivel freático alto puede generar deslizamientos en condiciones de lluvia intensa o por una infiltración adicional de agua en la pendiente.

La ubicación y forma del nivel freático descrito por estos puntos indican que hay una saturación considerable en la pendiente, especialmente a mayores alturas. Esto sugiere que el agua subterránea podría estar generando presiones adicionales dentro del talud, afectando negativamente su estabilidad. Sería recomendable realizar un análisis de estabilidad del talud

teniendo en cuenta este nivel freático elevado, así como considerar posibles medidas de drenaje para reducir la saturación del suelo y mejorar la estabilidad de la pendiente.

Ilustración 3
]Nivel freático de los tanques de captación.

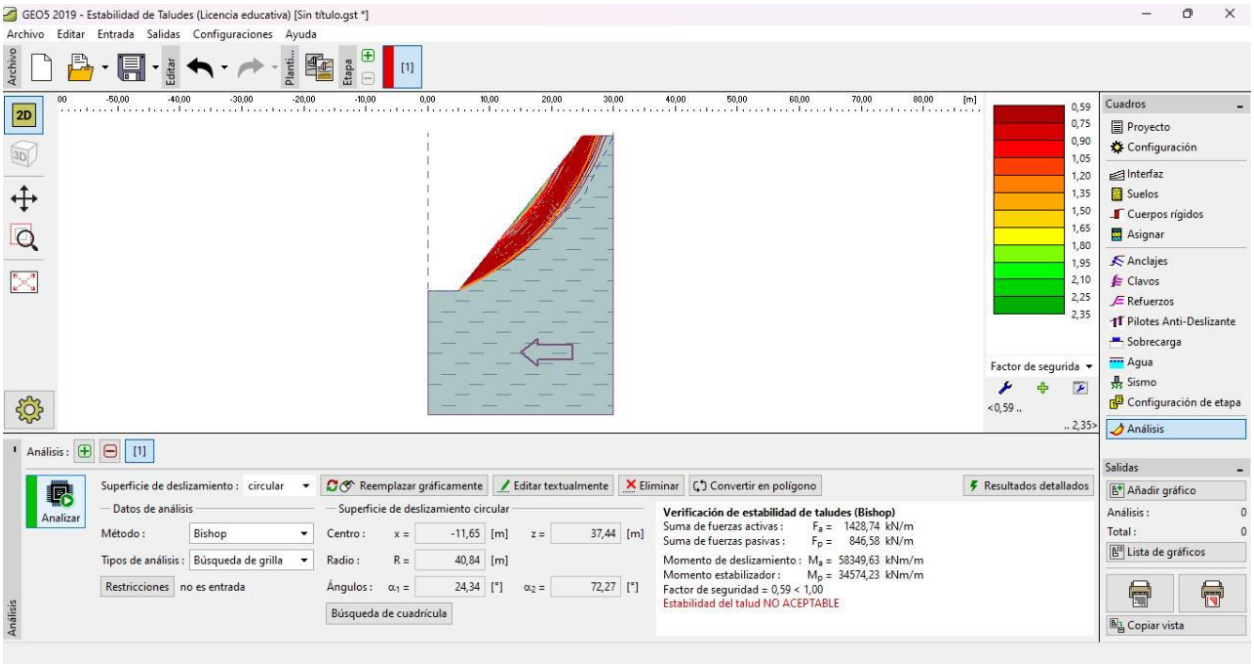


Tabla 11
Puntos del Nivel Freático

Nro.	X (m)	Z (m)
1	0,00	0,00
2	5,00	0,00
3	25,00	15,00
4	30,00	25,00

Tabla 12

Verificación Estabilidad de Taludes

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : F_a = 1428,74 kN/m

Suma de fuerzas pasivas : F_p = 846,58 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 58349,63 kNm/m

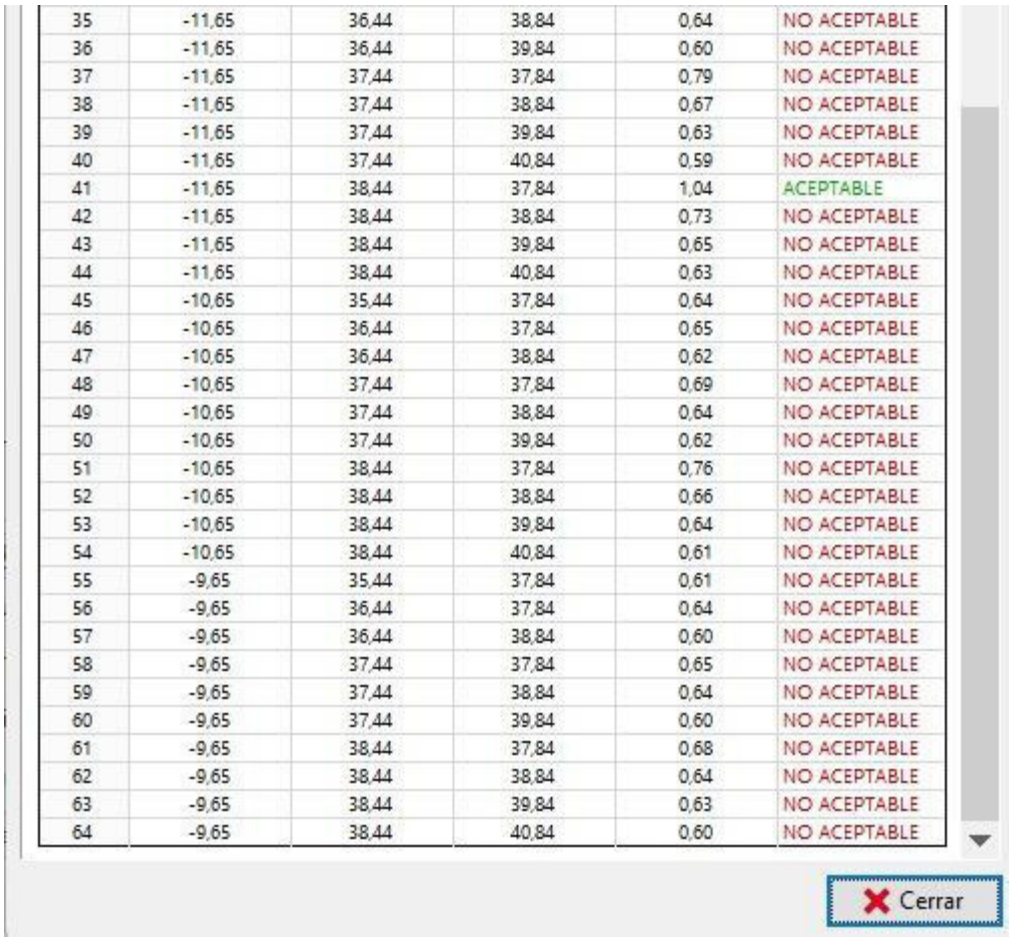
Momento estabilizador : M_p = 34574,23 kNm/m

Factor de seguridad = 0,59 < 1,00

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

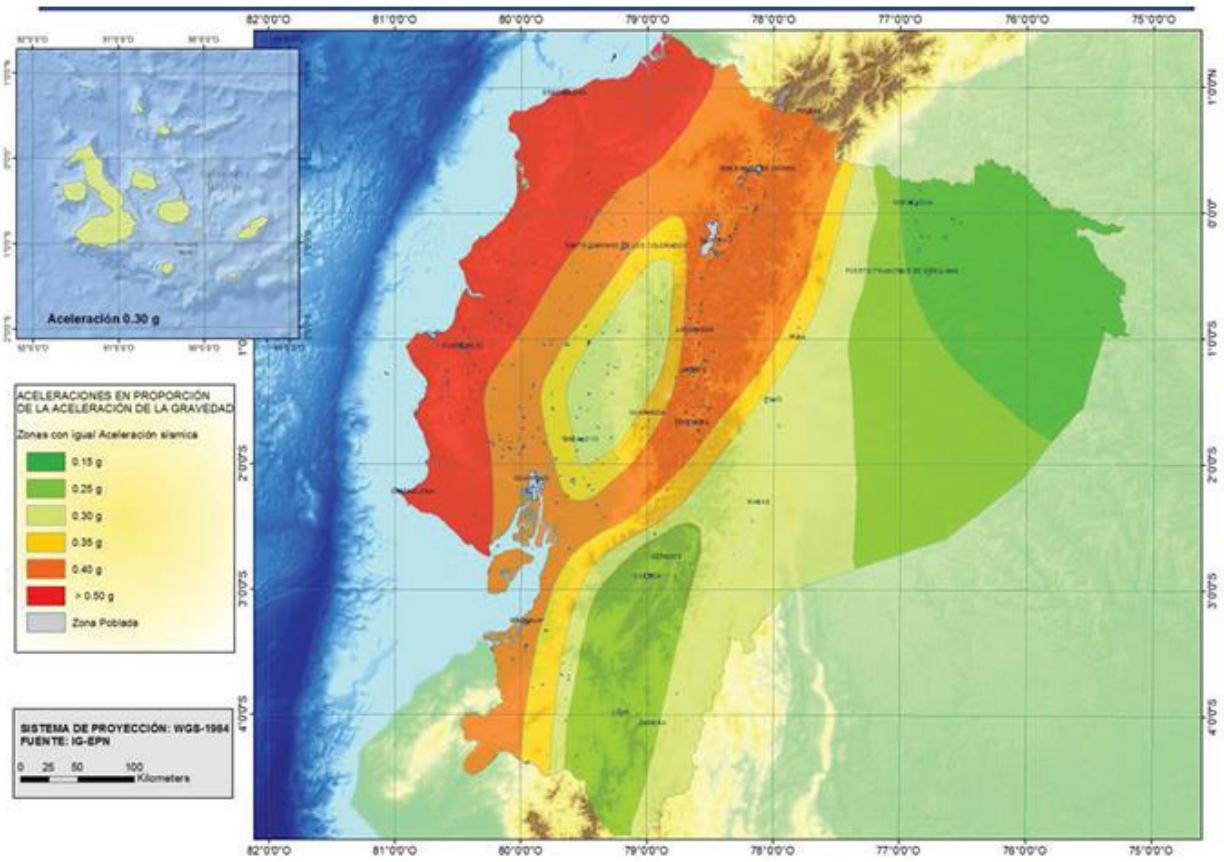
Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	-13,65	34,44	37,84	0,74	NO ACEPTABLE
2	-13,65	34,44	38,84	0,65	NO ACEPTABLE
3	-13,65	35,44	37,84	0,88	NO ACEPTABLE
4	-13,65	35,44	38,84	0,70	NO ACEPTABLE
5	-13,65	35,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
6	-13,65	36,44	37,84	1,41	ACEPTABLE
7	-13,65	36,44	38,84	0,78	NO ACEPTABLE
8	-13,65	36,44	39,84	0,67	NO ACEPTABLE
9	-13,65	36,44	40,84	0,61	NO ACEPTABLE
10	-13,65	37,44	38,84	1,00	ACEPTABLE
11	-13,65	37,44	39,84	0,72	NO ACEPTABLE
12	-13,65	37,44	40,84	0,65	NO ACEPTABLE
13	-13,65	38,44	38,84	2,35	ACEPTABLE
14	-13,65	38,44	39,84	0,84	NO ACEPTABLE
15	-13,65	38,44	40,84	0,68	NO ACEPTABLE
16	-13,65	38,44	41,84	0,63	NO ACEPTABLE
17	-12,65	34,44	37,84	0,67	NO ACEPTABLE
18	-12,65	35,44	37,84	0,72	NO ACEPTABLE
19	-12,65	35,44	38,84	0,65	NO ACEPTABLE
20	-12,65	36,44	37,84	0,83	NO ACEPTABLE
21	-12,65	36,44	38,84	0,68	NO ACEPTABLE
22	-12,65	36,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
23	-12,65	37,44	37,84	1,18	ACEPTABLE
24	-12,65	37,44	38,84	0,75	NO ACEPTABLE
25	-12,65	37,44	39,84	0,66	NO ACEPTABLE
26	-12,65	37,44	40,84	0,62	NO ACEPTABLE
27	-12,65	38,44	38,84	0,92	NO ACEPTABLE
28	-12,65	38,44	39,84	0,70	NO ACEPTABLE
29	-12,65	38,44	40,84	0,64	NO ACEPTABLE
30	-12,65	38,44	41,84	0,61	NO ACEPTABLE
31	-11,65	34,44	37,84	0,63	NO ACEPTABLE
32	-11,65	35,44	37,84	0,66	NO ACEPTABLE
33	-11,65	35,44	38,84	0,61	NO ACEPTABLE
34	-11,65	36,44	37,84	0,70	NO ACEPTABLE



35	-11,65	36,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
36	-11,65	36,44	39,84	0,60	NO ACEPTABLE
37	-11,65	37,44	37,84	0,79	NO ACEPTABLE
38	-11,65	37,44	38,84	0,67	NO ACEPTABLE
39	-11,65	37,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
40	-11,65	37,44	40,84	0,59	NO ACEPTABLE
41	-11,65	38,44	37,84	1,04	ACEPTABLE
42	-11,65	38,44	38,84	0,73	NO ACEPTABLE
43	-11,65	38,44	39,84	0,65	NO ACEPTABLE
44	-11,65	38,44	40,84	0,63	NO ACEPTABLE
45	-10,65	35,44	37,84	0,64	NO ACEPTABLE
46	-10,65	36,44	37,84	0,65	NO ACEPTABLE
47	-10,65	36,44	38,84	0,62	NO ACEPTABLE
48	-10,65	37,44	37,84	0,69	NO ACEPTABLE
49	-10,65	37,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
50	-10,65	37,44	39,84	0,62	NO ACEPTABLE
51	-10,65	38,44	37,84	0,76	NO ACEPTABLE
52	-10,65	38,44	38,84	0,66	NO ACEPTABLE
53	-10,65	38,44	39,84	0,64	NO ACEPTABLE
54	-10,65	38,44	40,84	0,61	NO ACEPTABLE
55	-9,65	35,44	37,84	0,61	NO ACEPTABLE
56	-9,65	36,44	37,84	0,64	NO ACEPTABLE
57	-9,65	36,44	38,84	0,60	NO ACEPTABLE
58	-9,65	37,44	37,84	0,65	NO ACEPTABLE
59	-9,65	37,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
60	-9,65	37,44	39,84	0,60	NO ACEPTABLE
61	-9,65	38,44	37,84	0,68	NO ACEPTABLE
62	-9,65	38,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
63	-9,65	38,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
64	-9,65	38,44	40,84	0,60	NO ACEPTABLE

Nota: El grafico fue generado con GO5

Ilustración 4
Peligro Sísmico



Zona sísmica	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
Valor factor Z	0,15	O,25	0,30	0,35	0,40	≥ 0,50
Características de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Por lo que se tiene la siguiente fórmula:

$$kh = 0{,}6\ (amax)/g$$

$$amax = Z * Fa$$

Donde:

Kh= coeficiente sísmico horizontal

amax = aceleración máxima horizontal

Z = factor de zona

Fa= factor de amplificación o reducción dinámica asociado a cada tipo de suelo.

Datos:

Z = 0,35

Fa= 1

g= 9,8

Remplazando datos en la fórmula se obtiene el siguiente resultado:

$$amax = Z * Fa = 0{,}35 * 1 = 0{,}35$$

$$Kh = \frac{0{,}6(amax)}{g} = 0{,}6 * \frac{0{,}35}{9{,}8} = 0{,}021$$

Análisis de la valoración del grado de estabilidad del talud, sismos.

El análisis simula una superficie de deslizamiento circular, una de las más utilizadas para suelos homogéneos o condiciones geotécnicas que tienden a fallas de este tipo. Se ha utilizado el método de Bishop, el cual es un método de equilibrio límite que evalúa la estabilidad de taludes considerando el balance de fuerzas y momentos en cada segmento del posible deslizamiento.

Parámetros Claves del Análisis

- Suma de fuerzas activas (Fa): 1278,25 kN/m. Estas fuerzas son las que promueven el deslizamiento del talud.
- Suma de fuerzas pasivas (Fp): 802,28 kN/m. Estas fuerzas tienden a estabilizar el talud, oponiéndose al deslizamiento.
- Momento de deslizamiento (Ma): 50925,30 kNm/m. Representa el momento que intenta generar el deslizamiento del talud.
- Momento estabilizador (Mp): 31962,72 kNm/m. Es el momento que contrarresta el deslizamiento, evitando la falla del talud.

- Factor de seguridad (FS): 0,63. Este valor es mucho menor que 1, lo que indica una situación crítica de inestabilidad.

En el gráfico se observan varias curvas rojas, que representan distintas superficies potenciales de deslizamiento. La curva que se destaca en rojo oscuro es la más crítica, ya que presenta el menor factor de seguridad.

La escala de colores en la parte derecha del gráfico indica el grado de estabilidad, con el color rojo representando áreas inestables (FS < 1). En este caso, la mayoría de las curvas están en esta zona crítica. El gráfico muestra claramente que el talud analizado está en alto riesgo de deslizamiento bajo las condiciones actuales, dado el bajo factor de seguridad.

El resultado del análisis indica que el talud no es estable, con un factor de seguridad de 0,63, lo cual está muy por debajo del mínimo aceptable (1.0). Por lo tanto, existe un alto riesgo de falla bajo las condiciones actuales del talud. Medidas correctivas como el drenaje, refuerzos estructurales, o cambios en la geometría del talud serán necesarias para evitar un posible colapso.

Ilustración 5

Valoración del grado de estabilidad del talud en los tanques de captación, sismos.

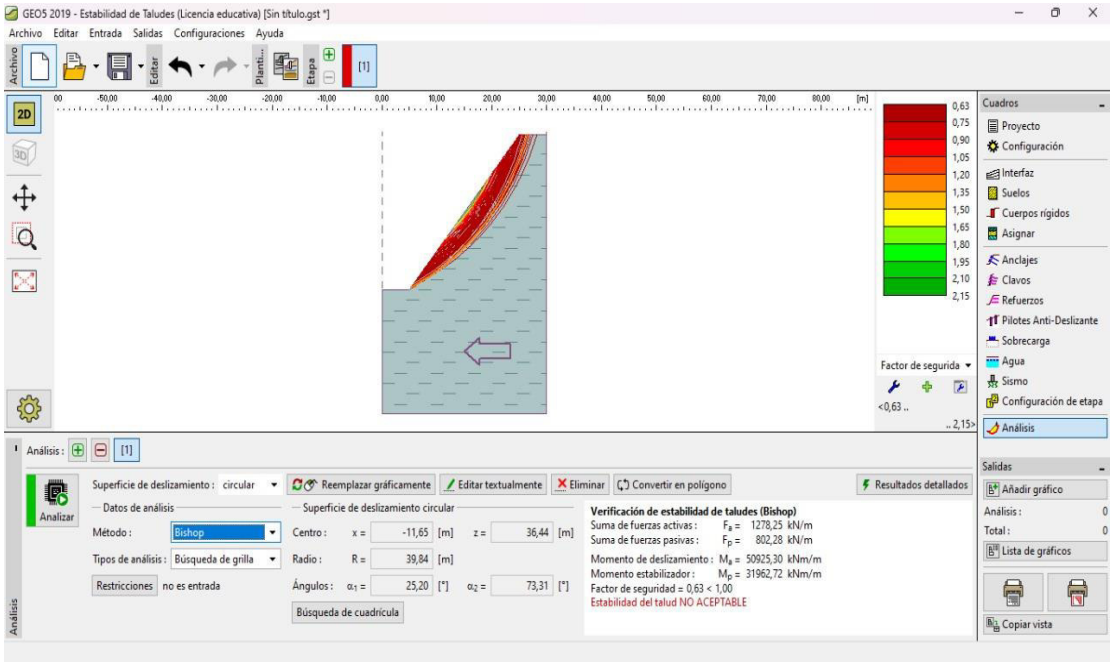


Tabla 13
Estabilidad de Taludes

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

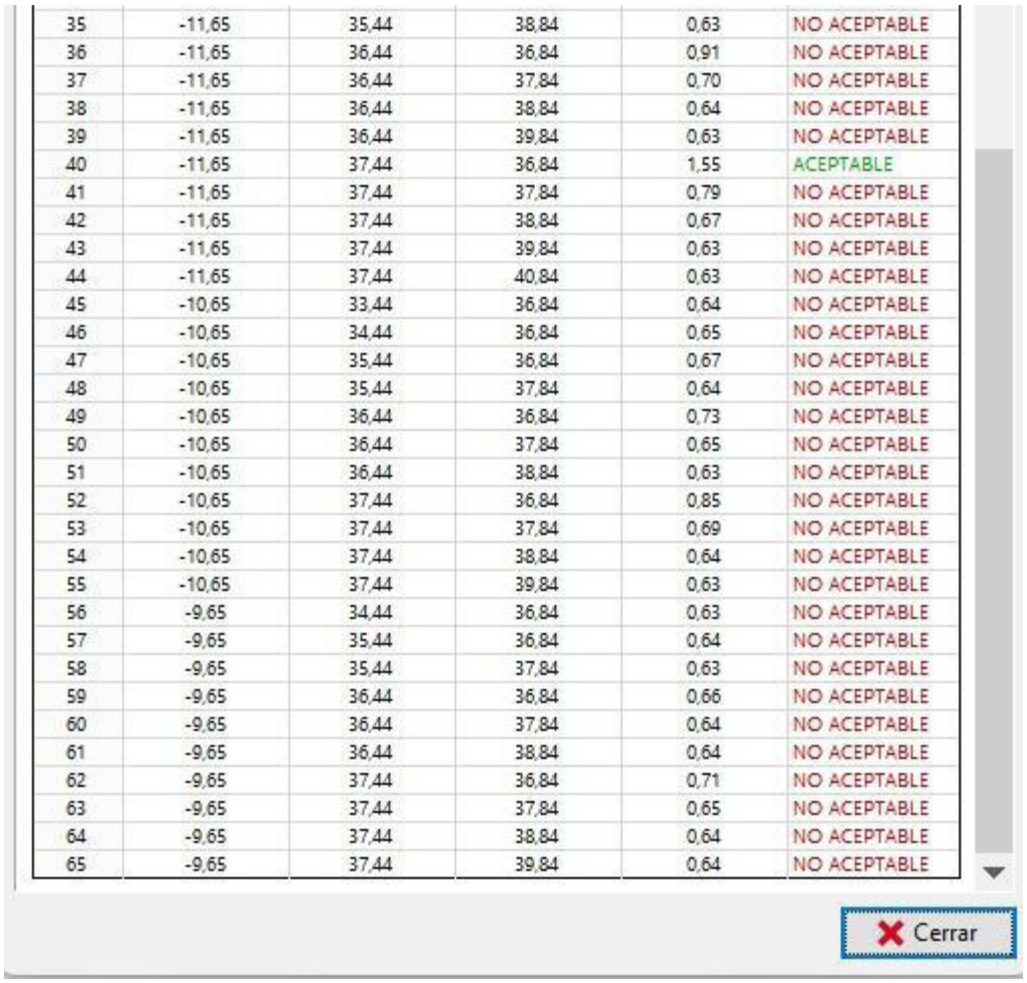
Suma de fuerzas activas : F_a = 1278,25 kN/m
Suma de fuerzas pasivas : F_p = 802,28 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 50925,30 kNm/m
Momento estabilizador : M_p = 31962,72 kNm/m

Factor de seguridad = 0,63 < 1,00
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	-13,65	33,44	36,84	0,81	NO ACEPTABLE
2	-13,65	33,44	37,84	0,68	NO ACEPTABLE
3	-13,65	34,44	36,84	1,09	ACEPTABLE
4	-13,65	34,44	37,84	0,74	NO ACEPTABLE
5	-13,65	34,44	38,84	0,66	NO ACEPTABLE
6	-13,65	35,44	37,84	0,88	NO ACEPTABLE
7	-13,65	35,44	38,84	0,70	NO ACEPTABLE
8	-13,65	35,44	39,84	0,64	NO ACEPTABLE
9	-13,65	36,44	37,84	1,41	ACEPTABLE
10	-13,65	36,44	38,84	0,78	NO ACEPTABLE
11	-13,65	36,44	39,84	0,67	NO ACEPTABLE
12	-13,65	36,44	40,84	0,63	NO ACEPTABLE
13	-13,65	37,44	38,84	1,00	ACEPTABLE
14	-13,65	37,44	39,84	0,72	NO ACEPTABLE
15	-13,65	37,44	40,84	0,65	NO ACEPTABLE
16	-12,65	33,44	36,84	0,70	NO ACEPTABLE
17	-12,65	34,44	36,84	0,78	NO ACEPTABLE
18	-12,65	34,44	37,84	0,67	NO ACEPTABLE
19	-12,65	35,44	36,84	0,98	NO ACEPTABLE
20	-12,65	35,44	37,84	0,72	NO ACEPTABLE
21	-12,65	35,44	38,84	0,65	NO ACEPTABLE
22	-12,65	36,44	36,84	2,15	ACEPTABLE
23	-12,65	36,44	37,84	0,83	NO ACEPTABLE
24	-12,65	36,44	38,84	0,68	NO ACEPTABLE
25	-12,65	36,44	39,84	0,64	NO ACEPTABLE
26	-12,65	37,44	37,84	1,18	ACEPTABLE
27	-12,65	37,44	38,84	0,75	NO ACEPTABLE
28	-12,65	37,44	39,84	0,66	NO ACEPTABLE
29	-12,65	37,44	40,84	0,63	NO ACEPTABLE
30	-11,65	33,44	36,84	0,65	NO ACEPTABLE
31	-11,65	34,44	36,84	0,68	NO ACEPTABLE
32	-11,65	34,44	37,84	0,64	NO ACEPTABLE
33	-11,65	35,44	36,84	0,75	NO ACEPTABLE
34	-11,65	35,44	37,84	0,66	NO ACEPTABLE



35	-11,65	35,44	38,84	0,63	NO ACEPTABLE
36	-11,65	36,44	36,84	0,91	NO ACEPTABLE
37	-11,65	36,44	37,84	0,70	NO ACEPTABLE
38	-11,65	36,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
39	-11,65	36,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
40	-11,65	37,44	36,84	1,55	ACEPTABLE
41	-11,65	37,44	37,84	0,79	NO ACEPTABLE
42	-11,65	37,44	38,84	0,67	NO ACEPTABLE
43	-11,65	37,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
44	-11,65	37,44	40,84	0,63	NO ACEPTABLE
45	-10,65	33,44	36,84	0,64	NO ACEPTABLE
46	-10,65	34,44	36,84	0,65	NO ACEPTABLE
47	-10,65	35,44	36,84	0,67	NO ACEPTABLE
48	-10,65	35,44	37,84	0,64	NO ACEPTABLE
49	-10,65	36,44	36,84	0,73	NO ACEPTABLE
50	-10,65	36,44	37,84	0,65	NO ACEPTABLE
51	-10,65	36,44	38,84	0,63	NO ACEPTABLE
52	-10,65	37,44	36,84	0,85	NO ACEPTABLE
53	-10,65	37,44	37,84	0,69	NO ACEPTABLE
54	-10,65	37,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
55	-10,65	37,44	39,84	0,63	NO ACEPTABLE
56	-9,65	34,44	36,84	0,63	NO ACEPTABLE
57	-9,65	35,44	36,84	0,64	NO ACEPTABLE
58	-9,65	35,44	37,84	0,63	NO ACEPTABLE
59	-9,65	36,44	36,84	0,66	NO ACEPTABLE
60	-9,65	36,44	37,84	0,64	NO ACEPTABLE
61	-9,65	36,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
62	-9,65	37,44	36,84	0,71	NO ACEPTABLE
63	-9,65	37,44	37,84	0,65	NO ACEPTABLE
64	-9,65	37,44	38,84	0,64	NO ACEPTABLE
65	-9,65	37,44	39,84	0,64	NO ACEPTABLE

Análisis estabilidad de taludes línea de conducción

La pendiente analizada tiene un ángulo de inclinación de -12,29°, lo que indica una pendiente moderada. El factor de seguridad calculado es de 1,26, lo cual supera el valor crítico mínimo de 1,0, este valor indica que la estabilidad del talud es aceptable, aunque no muy conservadora. Esto significa que el talud tiene una resistencia adecuada frente a posibles fallas, pero con un margen de seguridad limitado.

Las líneas rojas representan posibles superficies de deslizamiento. La densidad de estas líneas en la parte superior del gráfico sugiere áreas de mayor susceptibilidad a fallas. Los colores del talud están codificados según el factor de seguridad, donde las áreas en rojo intenso (valores bajos de FS) corresponden a zonas con mayor riesgo potencial de deslizamiento.

Fuerzas y momentos involucrados:

Fuerzas activas (Fa): 483,62 kN/m

Fuerzas pasivas (Fp): 552,17 kN/m

Momento de deslizamiento (Md): 8860,82 kNm/m

Momento estabilizador (Me): 11153,89 kNm/m

Aunque el talud es estable bajo condiciones actuales, un FS de 1,26 sugiere que este diseño podría no ser suficiente bajo condiciones extremas (como lluvias intensas, sismos o sobrecarga). En estas situaciones, el factor de seguridad podría disminuir, comprometiendo la estabilidad del talud por lo que es necesario implementar drenajes superficiales y subterráneos para reducir la presión de poros en el suelo, incorporando refuerzos como muros de contención, anclajes o geotextiles en las áreas de mayor riesgo.

Ilustración 6

Estabilidad de taludes línea de conducción.

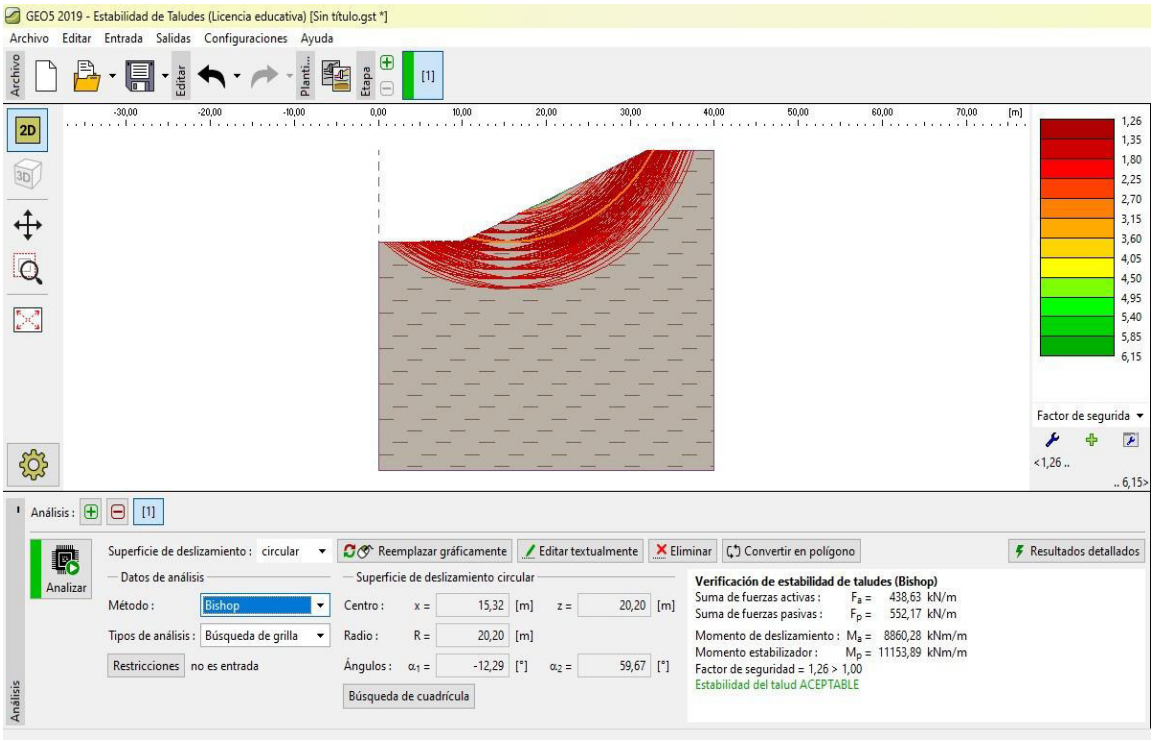


Tabla 14:

Análisis de estabilidad de taludes

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : F_a = 438,63 kN/m

Suma de fuerzas pasivas : F_p = 552,17 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 8860,28 kNm/m

Momento estabilizador : M_p = 11153,89 kNm/m

Factor de seguridad = 1,26 > 1,00

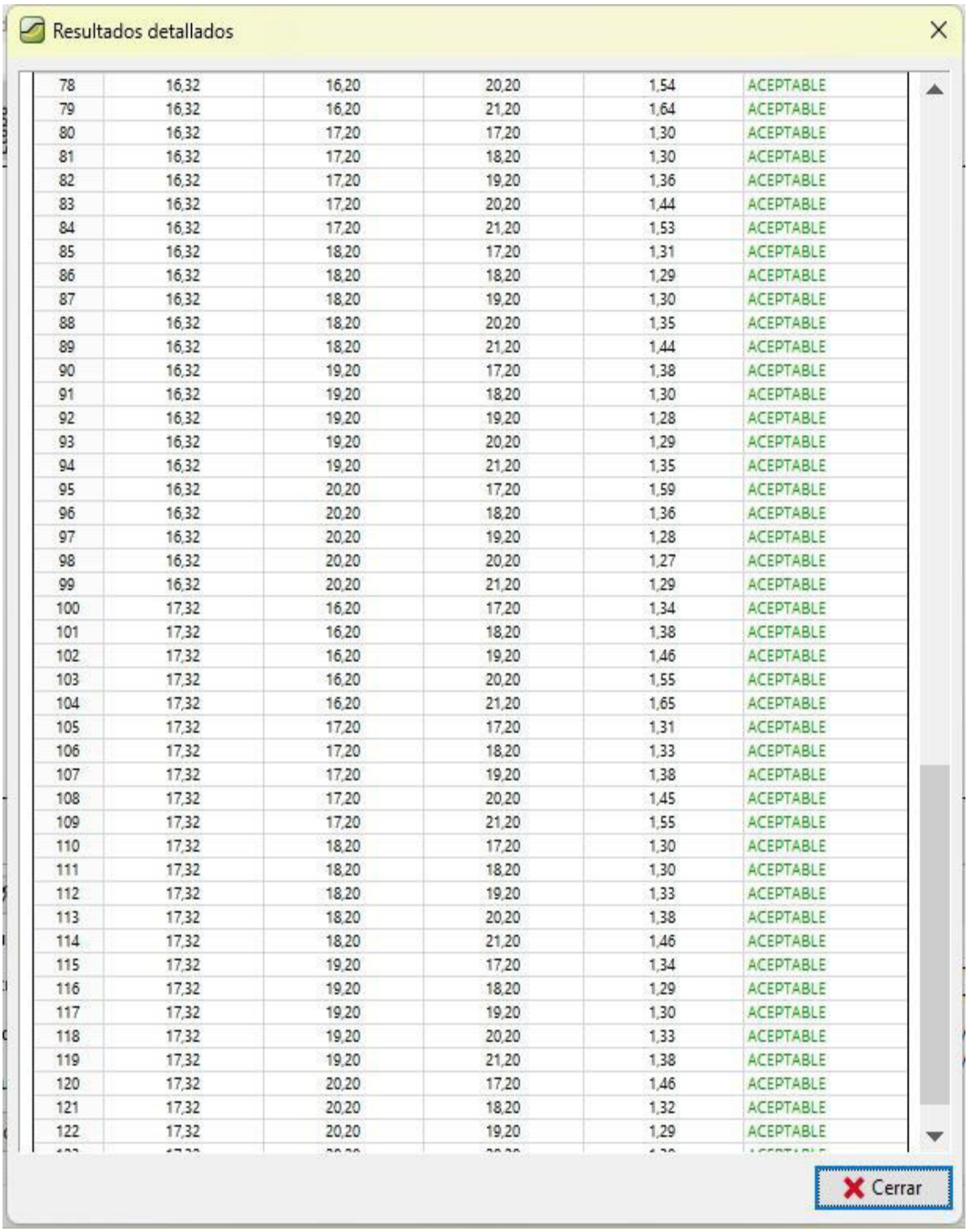
Estabilidad del talud ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	13,32	16,20	17,20	1,35	ACEPTABLE
2	13,32	16,20	18,20	1,42	ACEPTABLE
3	13,32	16,20	19,20	1,51	ACEPTABLE
4	13,32	16,20	20,20	1,60	ACEPTABLE
5	13,32	17,20	17,20	1,33	ACEPTABLE
6	13,32	17,20	18,20	1,34	ACEPTABLE
7	13,32	17,20	19,20	1,41	ACEPTABLE
8	13,32	17,20	20,20	1,49	ACEPTABLE
9	13,32	17,20	21,20	1,58	ACEPTABLE
10	13,32	18,20	17,20	1,43	ACEPTABLE
11	13,32	18,20	18,20	1,31	ACEPTABLE
12	13,32	18,20	19,20	1,32	ACEPTABLE
13	13,32	18,20	20,20	1,39	ACEPTABLE
14	13,32	18,20	21,20	1,47	ACEPTABLE
15	13,32	19,20	17,20	1,78	ACEPTABLE
16	13,32	19,20	18,20	1,40	ACEPTABLE
17	13,32	19,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
18	13,32	19,20	20,20	1,31	ACEPTABLE
19	13,32	19,20	21,20	1,37	ACEPTABLE
20	13,32	20,20	17,20	6,15	ACEPTABLE
21	13,32	20,20	18,20	1,71	ACEPTABLE
22	13,32	20,20	19,20	1,38	ACEPTABLE
23	13,32	20,20	20,20	1,28	ACEPTABLE
24	13,32	20,20	21,20	1,30	ACEPTABLE
25	14,32	16,20	17,20	1,33	ACEPTABLE
26	14,32	16,20	18,20	1,39	ACEPTABLE
27	14,32	16,20	19,20	1,47	ACEPTABLE
28	14,32	16,20	20,20	1,56	ACEPTABLE
29	14,32	16,20	21,20	1,67	ACEPTABLE
30	14,32	17,20	17,20	1,31	ACEPTABLE
31	14,32	17,20	18,20	1,31	ACEPTABLE
32	14,32	17,20	19,20	1,37	ACEPTABLE
33	14,32	17,20	20,20	1,45	ACEPTABLE
34	14,32	17,20	21,20	1,55	ACEPTABLE

Resultados detallados

34	14,32	17,20	21,20	1,55	ACEPTABLE
35	14,32	18,20	17,20	1,37	ACEPTABLE
36	14,32	18,20	18,20	1,29	ACEPTABLE
37	14,32	18,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
38	14,32	18,20	20,20	1,36	ACEPTABLE
39	14,32	18,20	21,20	1,44	ACEPTABLE
40	14,32	19,20	17,20	1,56	ACEPTABLE
41	14,32	19,20	18,20	1,35	ACEPTABLE
42	14,32	19,20	19,20	1,28	ACEPTABLE
43	14,32	19,20	20,20	1,28	ACEPTABLE
44	14,32	19,20	21,20	1,35	ACEPTABLE
45	14,32	20,20	17,20	2,50	ACEPTABLE
46	14,32	20,20	18,20	1,52	ACEPTABLE
47	14,32	20,20	19,20	1,33	ACEPTABLE
48	14,32	20,20	20,20	1,27	ACEPTABLE
49	14,32	20,20	21,20	1,27	ACEPTABLE
50	15,32	16,20	17,20	1,32	ACEPTABLE
51	15,32	16,20	18,20	1,37	ACEPTABLE
52	15,32	16,20	19,20	1,44	ACEPTABLE
53	15,32	16,20	20,20	1,54	ACEPTABLE
54	15,32	16,20	21,20	1,65	ACEPTABLE
55	15,32	17,20	17,20	1,30	ACEPTABLE
56	15,32	17,20	18,20	1,30	ACEPTABLE
57	15,32	17,20	19,20	1,35	ACEPTABLE
58	15,32	17,20	20,20	1,44	ACEPTABLE
59	15,32	17,20	21,20	1,53	ACEPTABLE
60	15,32	18,20	17,20	1,33	ACEPTABLE
61	15,32	18,20	18,20	1,29	ACEPTABLE
62	15,32	18,20	19,20	1,28	ACEPTABLE
63	15,32	18,20	20,20	1,34	ACEPTABLE
64	15,32	18,20	21,20	1,43	ACEPTABLE
65	15,32	19,20	17,20	1,44	ACEPTABLE
66	15,32	19,20	18,20	1,32	ACEPTABLE
67	15,32	19,20	19,20	1,27	ACEPTABLE
68	15,32	19,20	20,20	1,28	ACEPTABLE
69	15,32	19,20	21,20	1,34	ACEPTABLE
70	15,32	20,20	17,20	1,85	ACEPTABLE
71	15,32	20,20	18,20	1,42	ACEPTABLE
72	15,32	20,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
73	15,32	20,20	20,20	1,26	ACEPTABLE
74	15,32	20,20	21,20	1,27	ACEPTABLE
75	16,32	16,20	17,20	1,32	ACEPTABLE
76	16,32	16,20	18,20	1,36	ACEPTABLE
77	16,32	16,20	19,20	1,44	ACEPTABLE
78	16,32	16,20	20,20	1,54	ACEPTABLE



78	16,32	16,20	20,20	1,54	ACEPTABLE
79	16,32	16,20	21,20	1,64	ACEPTABLE
80	16,32	17,20	17,20	1,30	ACEPTABLE
81	16,32	17,20	18,20	1,30	ACEPTABLE
82	16,32	17,20	19,20	1,36	ACEPTABLE
83	16,32	17,20	20,20	1,44	ACEPTABLE
84	16,32	17,20	21,20	1,53	ACEPTABLE
85	16,32	18,20	17,20	1,31	ACEPTABLE
86	16,32	18,20	18,20	1,29	ACEPTABLE
87	16,32	18,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
88	16,32	18,20	20,20	1,35	ACEPTABLE
89	16,32	18,20	21,20	1,44	ACEPTABLE
90	16,32	19,20	17,20	1,38	ACEPTABLE
91	16,32	19,20	18,20	1,30	ACEPTABLE
92	16,32	19,20	19,20	1,28	ACEPTABLE
93	16,32	19,20	20,20	1,29	ACEPTABLE
94	16,32	19,20	21,20	1,35	ACEPTABLE
95	16,32	20,20	17,20	1,59	ACEPTABLE
96	16,32	20,20	18,20	1,36	ACEPTABLE
97	16,32	20,20	19,20	1,28	ACEPTABLE
98	16,32	20,20	20,20	1,27	ACEPTABLE
99	16,32	20,20	21,20	1,29	ACEPTABLE
100	17,32	16,20	17,20	1,34	ACEPTABLE
101	17,32	16,20	18,20	1,38	ACEPTABLE
102	17,32	16,20	19,20	1,46	ACEPTABLE
103	17,32	16,20	20,20	1,55	ACEPTABLE
104	17,32	16,20	21,20	1,65	ACEPTABLE
105	17,32	17,20	17,20	1,31	ACEPTABLE
106	17,32	17,20	18,20	1,33	ACEPTABLE
107	17,32	17,20	19,20	1,38	ACEPTABLE
108	17,32	17,20	20,20	1,45	ACEPTABLE
109	17,32	17,20	21,20	1,55	ACEPTABLE
110	17,32	18,20	17,20	1,30	ACEPTABLE
111	17,32	18,20	18,20	1,30	ACEPTABLE
112	17,32	18,20	19,20	1,33	ACEPTABLE
113	17,32	18,20	20,20	1,38	ACEPTABLE
114	17,32	18,20	21,20	1,46	ACEPTABLE
115	17,32	19,20	17,20	1,34	ACEPTABLE
116	17,32	19,20	18,20	1,29	ACEPTABLE
117	17,32	19,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
118	17,32	19,20	20,20	1,33	ACEPTABLE
119	17,32	19,20	21,20	1,38	ACEPTABLE
120	17,32	20,20	17,20	1,46	ACEPTABLE
121	17,32	20,20	18,20	1,32	ACEPTABLE
122	17,32	20,20	19,20	1,29	ACEPTABLE

Análisis de estabilidad de taludes de la línea de conducción, nivel freático

Punto 1 (0,00; 0,00): En este punto, tanto la coordenada **X** como **Z** son 0, lo que sugiere que el nivel freático comienza en la base de la pendiente, alineado con la superficie del terreno.

Punto 2 (10,00; 0,00): A 10 metros en el eje **X**, el nivel freático sigue a 0 metros de altura. Esto indica que el nivel del agua se mantiene al ras del suelo en esta sección, lo cual puede representar una zona de saturación constante en la base del talud.

Punto 3 (32,00; 5,00): Aquí, el nivel freático sube considerablemente a 5 metros de altura en una distancia de 32 metros en el eje horizontal. Esto implica que el agua subterránea está presente más profundamente dentro del talud, lo que puede generar presiones de poro elevadas en esta zona, afectando negativamente la estabilidad.

Punto 4 (40,00; 5,00): Finalmente, el nivel freático alcanza los 5 metros de altura, en una distancia de 40 metros. Este aumento significativo en la elevación del nivel freático indica que la zona de saturación del suelo sigue la forma del talud, lo que podría estar ejerciendo una presión adicional sobre las capas superiores del terreno.

Ilustración 7

Análisis de estabilidad de taludes de la línea de conducción, nivel freático.

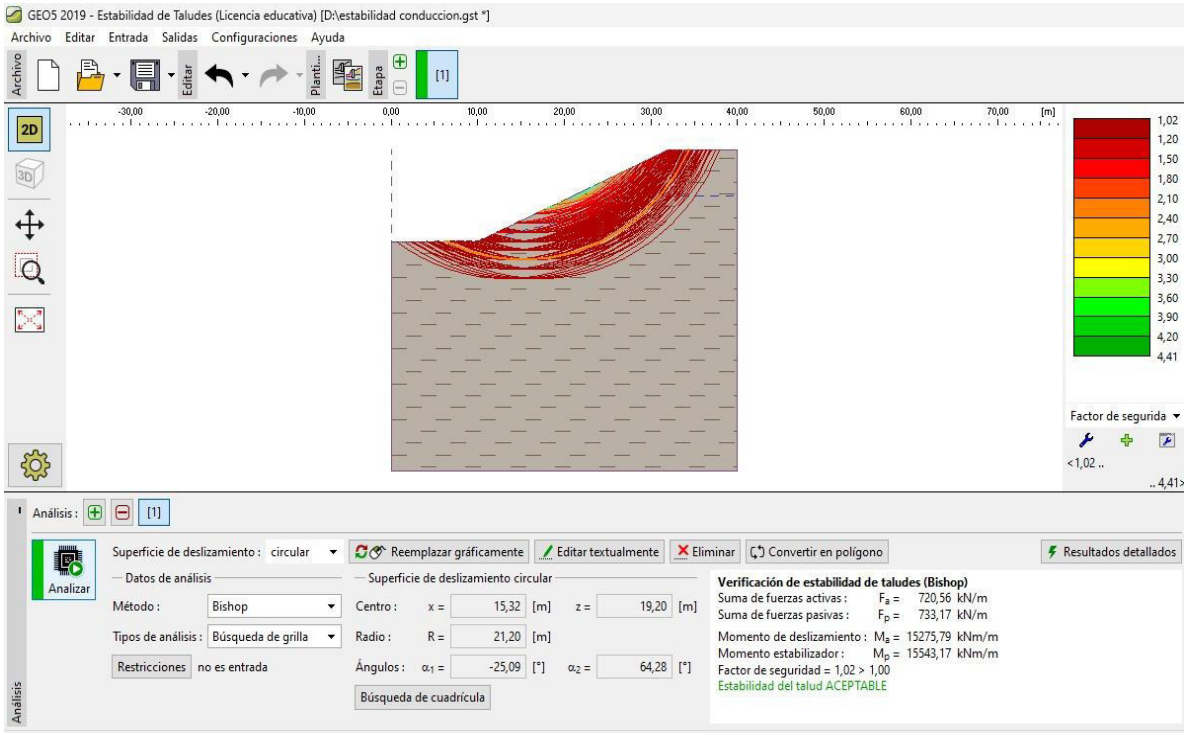


Tabla 15

Puntos del Nivel Freático de la Línea de Conducción.

Nro.	X (m)	Z (m)
1	0,00	0,00
2	10,00	0,00
3	32,00	5,00
4	40,00	5,00

Tabla 16

Resultados análisis de taludes

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : F_a = 720,56 kN/m

Suma de fuerzas pasivas : F_p = 733,17 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 15275,79 kNm/m

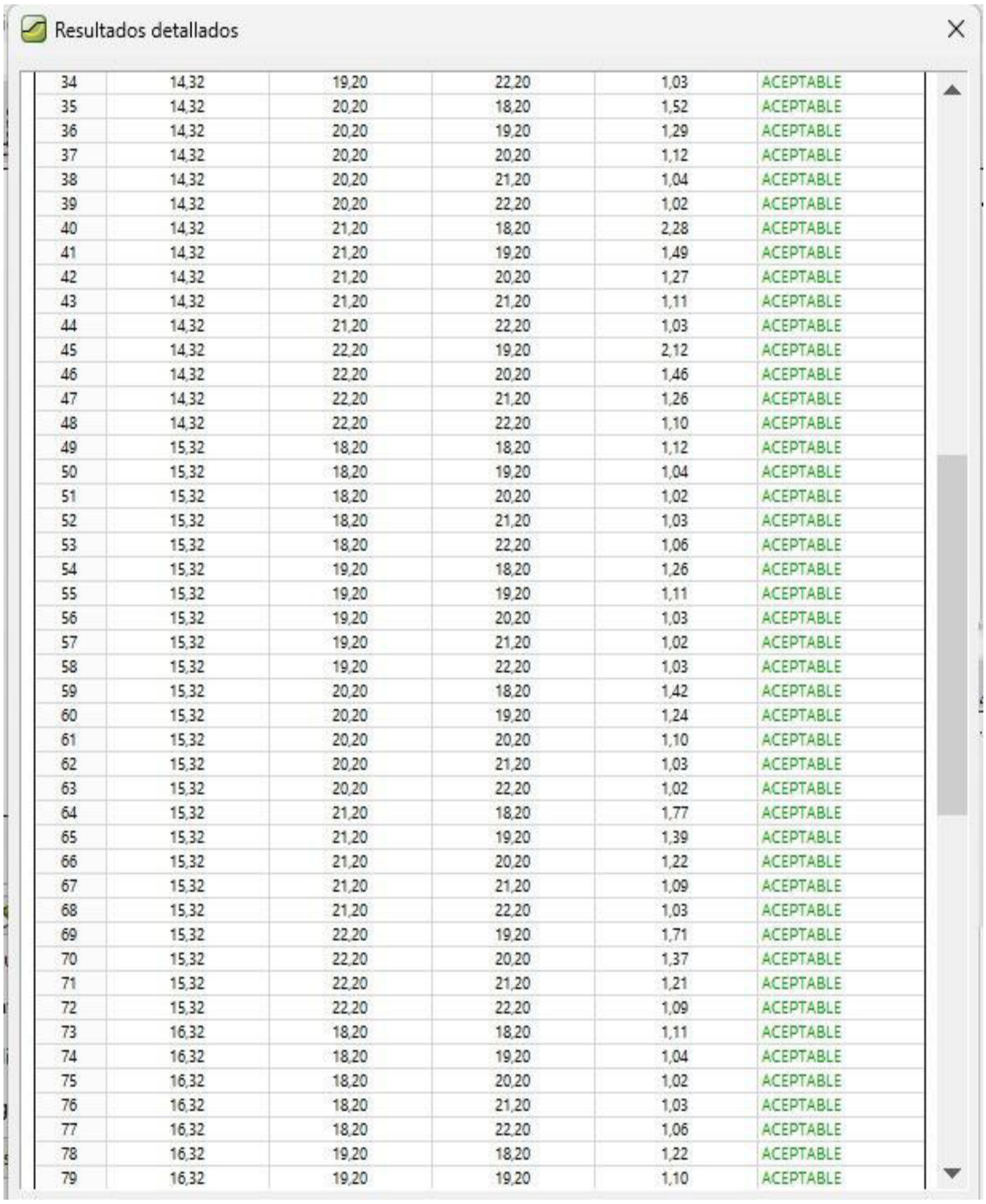
Momento estabilizador : M_p = 15543,17 kNm/m

Factor de seguridad = 1,02 > 1,00

Estabilidad del talud ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	13,32	18,20	18,20	1,17	ACEPTABLE
2	13,32	18,20	19,20	1,08	ACEPTABLE
3	13,32	18,20	20,20	1,05	ACEPTABLE
4	13,32	18,20	21,20	1,05	ACEPTABLE
5	13,32	18,20	22,20	1,08	ACEPTABLE
6	13,32	19,20	18,20	1,39	ACEPTABLE
7	13,32	19,20	19,20	1,16	ACEPTABLE
8	13,32	19,20	20,20	1,07	ACEPTABLE
9	13,32	19,20	21,20	1,04	ACEPTABLE
10	13,32	19,20	22,20	1,05	ACEPTABLE
11	13,32	20,20	18,20	1,71	ACEPTABLE
12	13,32	20,20	19,20	1,36	ACEPTABLE
13	13,32	20,20	20,20	1,14	ACEPTABLE
14	13,32	20,20	21,20	1,06	ACEPTABLE
15	13,32	20,20	22,20	1,04	ACEPTABLE
16	13,32	21,20	18,20	4,41	ACEPTABLE
17	13,32	21,20	19,20	1,66	ACEPTABLE
18	13,32	21,20	20,20	1,34	ACEPTABLE
19	13,32	21,20	21,20	1,13	ACEPTABLE
20	13,32	21,20	22,20	1,05	ACEPTABLE
21	13,32	22,20	19,20	3,53	ACEPTABLE
22	13,32	22,20	20,20	1,61	ACEPTABLE
23	13,32	22,20	21,20	1,32	ACEPTABLE
24	13,32	22,20	22,20	1,12	ACEPTABLE
25	14,32	18,20	18,20	1,14	ACEPTABLE
26	14,32	18,20	19,20	1,05	ACEPTABLE
27	14,32	18,20	20,20	1,03	ACEPTABLE
28	14,32	18,20	21,20	1,04	ACEPTABLE
29	14,32	18,20	22,20	1,06	ACEPTABLE
30	14,32	19,20	18,20	1,31	ACEPTABLE
31	14,32	19,20	19,20	1,13	ACEPTABLE
32	14,32	19,20	20,20	1,04	ACEPTABLE
33	14,32	19,20	21,20	1,02	ACEPTABLE



34	14,32	19,20	22,20	1,03	ACEPTABLE
35	14,32	20,20	18,20	1,52	ACEPTABLE
36	14,32	20,20	19,20	1,29	ACEPTABLE
37	14,32	20,20	20,20	1,12	ACEPTABLE
38	14,32	20,20	21,20	1,04	ACEPTABLE
39	14,32	20,20	22,20	1,02	ACEPTABLE
40	14,32	21,20	18,20	2,28	ACEPTABLE
41	14,32	21,20	19,20	1,49	ACEPTABLE
42	14,32	21,20	20,20	1,27	ACEPTABLE
43	14,32	21,20	21,20	1,11	ACEPTABLE
44	14,32	21,20	22,20	1,03	ACEPTABLE
45	14,32	22,20	19,20	2,12	ACEPTABLE
46	14,32	22,20	20,20	1,46	ACEPTABLE
47	14,32	22,20	21,20	1,26	ACEPTABLE
48	14,32	22,20	22,20	1,10	ACEPTABLE
49	15,32	18,20	18,20	1,12	ACEPTABLE
50	15,32	18,20	19,20	1,04	ACEPTABLE
51	15,32	18,20	20,20	1,02	ACEPTABLE
52	15,32	18,20	21,20	1,03	ACEPTABLE
53	15,32	18,20	22,20	1,06	ACEPTABLE
54	15,32	19,20	18,20	1,26	ACEPTABLE
55	15,32	19,20	19,20	1,11	ACEPTABLE
56	15,32	19,20	20,20	1,03	ACEPTABLE
57	15,32	19,20	21,20	1,02	ACEPTABLE
58	15,32	19,20	22,20	1,03	ACEPTABLE
59	15,32	20,20	18,20	1,42	ACEPTABLE
60	15,32	20,20	19,20	1,24	ACEPTABLE
61	15,32	20,20	20,20	1,10	ACEPTABLE
62	15,32	20,20	21,20	1,03	ACEPTABLE
63	15,32	20,20	22,20	1,02	ACEPTABLE
64	15,32	21,20	18,20	1,77	ACEPTABLE
65	15,32	21,20	19,20	1,39	ACEPTABLE
66	15,32	21,20	20,20	1,22	ACEPTABLE
67	15,32	21,20	21,20	1,09	ACEPTABLE
68	15,32	21,20	22,20	1,03	ACEPTABLE
69	15,32	22,20	19,20	1,71	ACEPTABLE
70	15,32	22,20	20,20	1,37	ACEPTABLE
71	15,32	22,20	21,20	1,21	ACEPTABLE
72	15,32	22,20	22,20	1,09	ACEPTABLE
73	16,32	18,20	18,20	1,11	ACEPTABLE
74	16,32	18,20	19,20	1,04	ACEPTABLE
75	16,32	18,20	20,20	1,02	ACEPTABLE
76	16,32	18,20	21,20	1,03	ACEPTABLE
77	16,32	18,20	22,20	1,06	ACEPTABLE
78	16,32	19,20	18,20	1,22	ACEPTABLE
79	16,32	19,20	19,20	1,10	ACEPTABLE

Resultados detallados

78	16,32	19,20	18,20	1,22	ACEPTABLE
79	16,32	19,20	19,20	1,10	ACEPTABLE
80	16,32	19,20	20,20	1,04	ACEPTABLE
81	16,32	19,20	21,20	1,02	ACEPTABLE
82	16,32	19,20	22,20	1,04	ACEPTABLE
83	16,32	20,20	18,20	1,36	ACEPTABLE
84	16,32	20,20	19,20	1,20	ACEPTABLE
85	16,32	20,20	20,20	1,10	ACEPTABLE
86	16,32	20,20	21,20	1,04	ACEPTABLE
87	16,32	20,20	22,20	1,03	ACEPTABLE
88	16,32	21,20	18,20	1,55	ACEPTABLE
89	16,32	21,20	19,20	1,34	ACEPTABLE
90	16,32	21,20	20,20	1,19	ACEPTABLE
91	16,32	21,20	21,20	1,10	ACEPTABLE
92	16,32	21,20	22,20	1,04	ACEPTABLE
93	16,32	22,20	18,20	2,47	ACEPTABLE
94	16,32	22,20	19,20	1,51	ACEPTABLE
95	16,32	22,20	20,20	1,32	ACEPTABLE
96	16,32	22,20	21,20	1,19	ACEPTABLE
97	16,32	22,20	22,20	1,10	ACEPTABLE
98	17,32	18,20	18,20	1,12	ACEPTABLE
99	17,32	18,20	19,20	1,06	ACEPTABLE
100	17,32	18,20	20,20	1,04	ACEPTABLE
101	17,32	18,20	21,20	1,05	ACEPTABLE
102	17,32	18,20	22,20	1,07	ACEPTABLE
103	17,32	19,20	18,20	1,20	ACEPTABLE
104	17,32	19,20	19,20	1,11	ACEPTABLE
105	17,32	19,20	20,20	1,06	ACEPTABLE
106	17,32	19,20	21,20	1,04	ACEPTABLE
107	17,32	19,20	22,20	1,05	ACEPTABLE
108	17,32	20,20	18,20	1,31	ACEPTABLE
109	17,32	20,20	19,20	1,19	ACEPTABLE
110	17,32	20,20	20,20	1,11	ACEPTABLE
111	17,32	20,20	21,20	1,06	ACEPTABLE
112	17,32	20,20	22,20	1,05	ACEPTABLE
113	17,32	21,20	18,20	1,43	ACEPTABLE
114	17,32	21,20	19,20	1,30	ACEPTABLE
115	17,32	21,20	20,20	1,19	ACEPTABLE
116	17,32	21,20	21,20	1,12	ACEPTABLE
117	17,32	21,20	22,20	1,07	ACEPTABLE
118	17,32	22,20	18,20	1,84	ACEPTABLE
119	17,32	22,20	19,20	1,41	ACEPTABLE
120	17,32	22,20	20,20	1,29	ACEPTABLE
121	17,32	22,20	21,20	1,19	ACEPTABLE
122	17,32	22,20	22,20	1,12	ACEPTABLE

Análisis Sísmico de la línea de conducción.

El **análisis del gráfico** del coeficiente sísmico horizontal con un factor de seguridad de 1.05 sobre 1 indicando que el talud es estable siendo un **suelo arcilloso**, revelando la necesidad de un diseño cuidadoso para asegurar la estabilidad estructural bajo condiciones sísmicas. Si bien un

factor de seguridad de 1.05 sugiere que la estructura tiene un pequeño margen de seguridad adicional, el tipo de suelo arcilloso implica que el comportamiento sísmico podría ser más complejo, con posibles amplificaciones sísmicas y una mayor sensibilidad a la licuefacción y otros efectos dinámicos. Si el **talud es estable**, significa que el ángulo de inclinación del talud, junto con las propiedades del suelo (en este caso, arcilloso), no están sujetos a deslizamientos o fallos.

Ilustración 8
Análisis Sísmico de la línea de conducción.

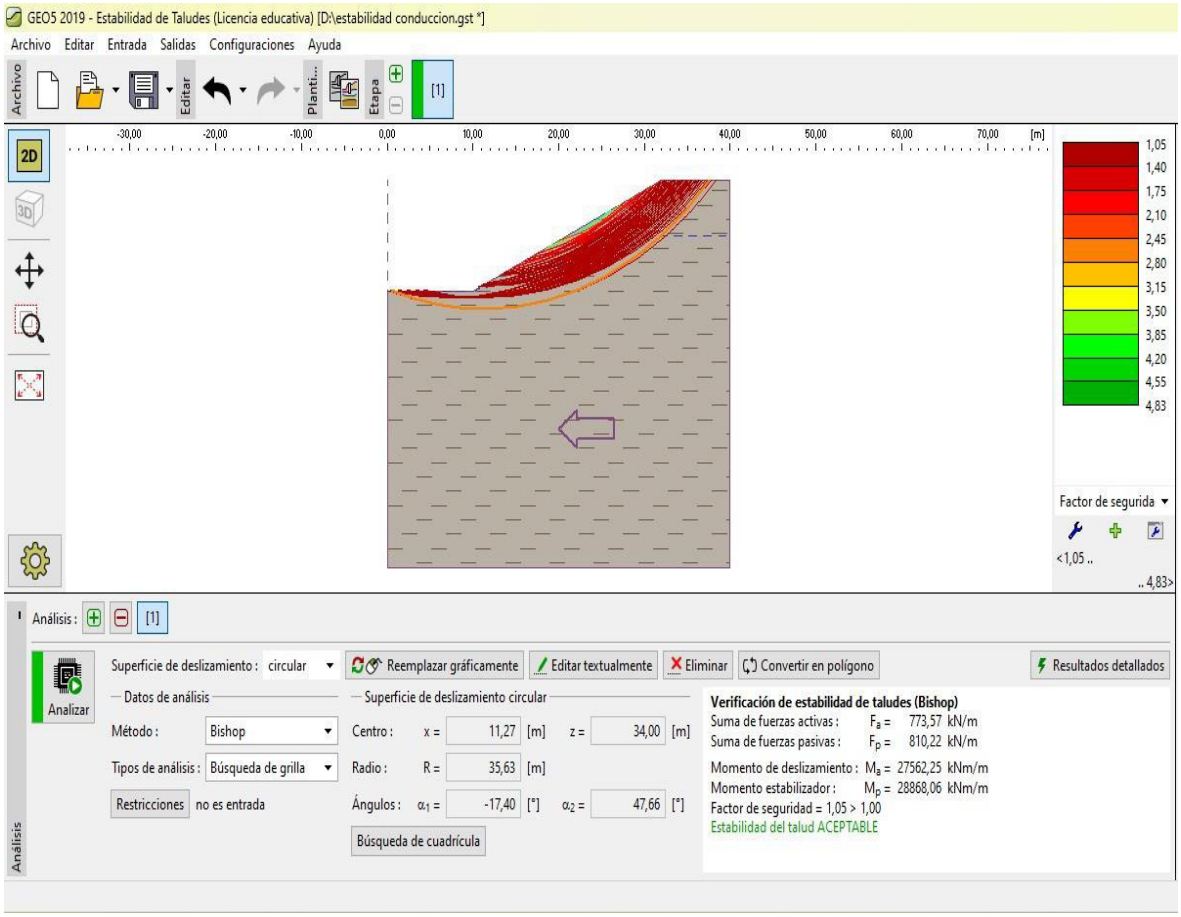


Tabla 17
Resultados análisis de taludes

Resultados detallados

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : F_a = 773,57 kN/m
Suma de fuerzas pasivas : F_p = 810,22 kN/m

Momento de deslizamiento : M_a = 27562,25 kNm/m
Momento estabilizador : M_p = 28868,06 kNm/m
Factor de seguridad = 1,05 > 1,00
Estabilidad del talud ACEPTABLE

Búsqueda de cuadrícula de superficie de deslizamiento (Bishop)

Nro.	Centro		Radio	FS	Verificación
	x [m]	z [m]	R [m]		
1	7,27	34,00	34,63	1,29	ACEPTABLE
2	7,27	35,00	34,63	1,38	ACEPTABLE
3	7,27	35,00	35,63	1,27	ACEPTABLE
4	7,27	36,00	34,63	2,08	ACEPTABLE
5	7,27	36,00	35,63	1,36	ACEPTABLE
6	7,27	36,00	36,63	1,25	ACEPTABLE
7	7,27	37,00	35,63	1,94	ACEPTABLE
8	7,27	37,00	36,63	1,33	ACEPTABLE
9	7,27	37,00	37,63	1,23	ACEPTABLE
10	7,27	38,00	36,63	1,82	ACEPTABLE
11	7,27	38,00	37,63	1,30	ACEPTABLE
12	8,27	34,00	34,63	1,18	ACEPTABLE
13	8,27	35,00	34,63	1,27	ACEPTABLE
14	8,27	35,00	35,63	1,18	ACEPTABLE
15	8,27	36,00	34,63	1,62	ACEPTABLE
16	8,27	36,00	35,63	1,25	ACEPTABLE
17	8,27	36,00	36,63	1,17	ACEPTABLE
18	8,27	37,00	34,63	4,83	ACEPTABLE
19	8,27	37,00	35,63	1,56	ACEPTABLE
20	8,27	37,00	36,63	1,23	ACEPTABLE
21	8,27	37,00	37,63	1,16	ACEPTABLE
22	8,27	38,00	35,63	3,70	ACEPTABLE
23	8,27	38,00	36,63	1,51	ACEPTABLE
24	8,27	38,00	37,63	1,22	ACEPTABLE
25	8,27	38,00	38,63	1,16	ACEPTABLE
26	9,27	34,00	34,63	1,12	ACEPTABLE
27	9,27	35,00	34,63	1,19	ACEPTABLE
28	9,27	35,00	35,63	1,12	ACEPTABLE
29	9,27	36,00	34,63	1,41	ACEPTABLE
30	9,27	36,00	35,63	1,18	ACEPTABLE
31	9,27	36,00	36,63	1,12	ACEPTABLE
32	9,27	37,00	34,63	2,24	ACEPTABLE
33	9,27	37,00	35,63	1,37	ACEPTABLE

34	9,27	37,00	36,63	1,17	ACEPTABLE
35	9,27	37,00	37,63	1,12	ACEPTABLE
36	9,27	38,00	35,63	2,06	ACEPTABLE
37	9,27	38,00	36,63	1,34	ACEPTABLE
38	9,27	38,00	37,63	1,17	ACEPTABLE
39	9,27	38,00	38,63	1,12	ACEPTABLE
40	10,27	34,00	34,63	1,08	ACEPTABLE
41	10,27	35,00	34,63	1,14	ACEPTABLE
42	10,27	35,00	35,63	1,09	ACEPTABLE
43	10,27	36,00	34,63	1,29	ACEPTABLE
44	10,27	36,00	35,63	1,14	ACEPTABLE
45	10,27	36,00	36,63	1,09	ACEPTABLE
46	10,27	37,00	34,63	1,68	ACEPTABLE
47	10,27	37,00	35,63	1,28	ACEPTABLE
48	10,27	37,00	36,63	1,14	ACEPTABLE
49	10,27	37,00	37,63	1,09	ACEPTABLE
50	10,27	38,00	35,63	1,60	ACEPTABLE
51	10,27	38,00	36,63	1,27	ACEPTABLE
52	10,27	38,00	37,63	1,14	ACEPTABLE
53	10,27	38,00	38,63	1,10	ACEPTABLE
54	11,27	34,00	34,63	1,06	ACEPTABLE
55	11,27	34,00	35,63	1,05	ACEPTABLE
56	11,27	35,00	34,63	1,12	ACEPTABLE
57	11,27	35,00	35,63	1,07	ACEPTABLE
58	11,27	36,00	34,63	1,25	ACEPTABLE
59	11,27	36,00	35,63	1,13	ACEPTABLE
60	11,27	36,00	36,63	1,07	ACEPTABLE
61	11,27	36,00	37,63	1,06	ACEPTABLE
62	11,27	37,00	34,63	1,43	ACEPTABLE
63	11,27	37,00	35,63	1,25	ACEPTABLE
64	11,27	37,00	36,63	1,13	ACEPTABLE
65	11,27	37,00	37,63	1,08	ACEPTABLE
66	11,27	38,00	34,63	2,45	ACEPTABLE
67	11,27	38,00	35,63	1,41	ACEPTABLE
68	11,27	38,00	36,63	1,25	ACEPTABLE
69	11,27	38,00	37,63	1,13	ACEPTABLE
70	11,27	38,00	38,63	1,09	ACEPTABLE

Cerrar

4.3. Resultados del objetivo específico 3

Objetivo: Proponer medidas preventivas ante posibles deslizamientos de tierra en el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Regulo de Mora.

Para proponer medidas preventivas ante posibles deslizamientos de tierra en el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora, y considerando los riesgos identificados, sugiero las siguientes acciones:

1. Técnicas de estabilización de taludes

Terrazas y refuerzos: Construir terrazas ayuda a reducir la pendiente de los taludes, lo que disminuye la escorrentía y los riesgos de deslizamiento. Refuerzos con muros de contención o geotextiles pueden proporcionar soporte adicional al suelo.

Plantación de vegetación: La plantación de vegetación de raíces profundas ayuda a estabilizar el suelo y reduce la erosión. Se recomiendan plantas nativas o arbustos de crecimiento rápido, ya que sus raíces pueden fijar el suelo y absorber el agua.

2. Manejo del agua

Sistemas de drenaje: La instalación de sistemas de drenaje adecuados es crucial para gestionar el agua superficial y subterránea. Drenajes franceses, tuberías perforadas o sistemas de subdrenaje pueden desviar el agua lejos de los taludes críticos, evitando la saturación del suelo.

Recolección de agua de lluvia: Integrar sistemas de captación de agua de lluvia puede ayudar a capturar el agua superficial antes de que infiltre el suelo y contribuya a la inestabilidad. Esta agua puede utilizarse para el suministro durante los períodos secos.

3. Control de la erosión

Cobertura vegetal y mantas de control de erosión: Aplicar coberturas orgánicas o mantas de control en los taludes puede reducir la erosión superficial y el movimiento del suelo.

Diques de contención: Pequeños diques en canales de drenaje pueden reducir la velocidad del agua, disminuyendo su poder erosivo y previniendo deslizamientos ocasionados por lluvias intensas.

4. Sistemas de monitoreo y alerta temprana

Sensores de detección de deslizamientos: Instalar sensores que monitoreen la humedad del suelo, los movimientos de tierra y los cambios de presión puede proporcionar alertas tempranas sobre la inestabilidad del talud. Estos sistemas deben estar vinculados a alertas de emergencia.

Monitoreo de umbrales de lluvia: Definir un sistema de umbrales de lluvia para alertas tempranas. Si la zona recibe lluvias que exceden un cierto nivel, puede señalar un mayor riesgo de deslizamientos, lo que permitirá activar medidas preventivas.

5. Involucramiento comunitario y concienciación

Educación pública: Capacitar a las comunidades locales para que reconozcan las señales de posibles deslizamientos (como grietas en el suelo o acumulación de agua) y sobre los planes de evacuación en caso de emergencia.

Inspecciones y mantenimiento regulares: Fomentar que las autoridades locales o los gestores del sistema de agua inspeccionen periódicamente los taludes, sistemas de drenaje e infraestructuras en busca de signos de desgaste o daño.

6. Mejoras en infraestructuras

Refuerzo de infraestructuras del sistema de agua: Partes críticas del sistema de agua (como tuberías y tanques de almacenamiento) deben reforzarse contra deslizamientos mediante el uso de terraplenes protectores o su reubicación en zonas más seguras.

Diseño de tuberías flexibles: Usar materiales flexibles en las tuberías puede ayudar a evitar roturas durante los movimientos del terreno.

7. Planificación y zonificación del uso del suelo

Prohibir desarrollos en áreas de alto riesgo: Evitar cualquier nueva construcción o desarrollo de infraestructuras en pendientes pronunciadas o zonas propensas a deslizamientos.

Reforestación de taludes degradados: En áreas donde los taludes han sido deforestados o dañados, se deben emprender esfuerzos de reforestación para restaurar la estabilidad natural del terreno.

8. Mantenimiento de los sistemas existentes

Limpieza regular de los sistemas de drenaje: Asegurar que todos los canales de drenaje estén libres de escombros y funcionen correctamente para manejar las lluvias intensas.

Auditorías estructurales: Realizar inspecciones frecuentes de los muros de contención y otras barreras estructurales, reparándolos o reforzándolos según sea necesario.

Estas medidas pueden ayudar a gestionar y reducir los riesgos de deslizamientos de tierra en el sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora, garantizando tanto la protección del sistema de suministro de agua como la seguridad de los residentes locales.

Tabla 18
Medidas Preventivas

Medida Preventiva	Actividades	Responsables
1. Estabilización de Taludes	- Construir terrazas para reducir pendientes.	- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Régulo de Mora
	- Instalar muros de contención y refuerzos con geotextiles.	- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Régulo de Mora

		- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Ministerio de Obras Públicas
2. Plantación de Vegetación	- Identificar especies nativas adecuadas para la estabilización de suelos.	- Ministerio del Ambiente Agua y Transición ecológica
	- Plantar vegetación en las áreas de alto riesgo.	- Comunidad local; - Ministerio de Agricultura - Ministerio del Ambiente - Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Régulo de Mora - Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel
3. Instalación de Sistemas de Drenaje	- Diseñar e implementar sistemas de drenaje superficial y subterráneo.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
	- Monitorear y mantener los sistemas de drenaje regularmente.	- Departamento de mantenimiento local
4. Captación de Agua de Lluvia	- Instalar sistemas de recolección de agua de lluvia.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
	- Mantener limpios los sistemas de captación y almacenamiento.	- Comunidad local
5. Control de Erosión	- Instalar mantas de control de erosión y coberturas vegetales.	- Comunidad local; - Ministerio de Agricultura - Ministerio del Ambiente - Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel

		- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
	- Implementar diques en canales de drenaje para reducir erosión.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
6. Sensores y Sistemas de Monitoreo	- Instalar sensores para monitorear movimientos de tierra y humedad del suelo.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
	- Implementar un sistema de alerta temprana basado en datos meteorológicos.	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Régulo de Mora -SGRD
7. Educación Comunitaria y Concienciación	- Realizar talleres para educar sobre los riesgos y señales de deslizamientos.	- SGRD; Organizaciones comunitarias
	- Capacitar a la comunidad en planes de evacuación.	- SGRD
8. Auditorías y Mantenimiento de Infraestructura	- Realizar auditorías periódicas a infraestructuras del sistema de agua.	- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Régulo de Mora - Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar
	- Mantener y reparar los sistemas de drenaje y muros de contención existentes.	- Departamento de mantenimiento local - - Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar

9. Zonificación y Planificación del Uso de Suelo	- Implementar restricciones para construcciones en áreas de alto riesgo.	- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar Departamento de planificación
	- Reforestar áreas degradadas de los taludes.	- Comunidad local; - Ministerio de Agricultura - Ministerio del Ambiente -- Gobierno Autónomo Descentralizado San Miguel - Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Bolívar

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El análisis realizado demuestra que el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua de consumo humano de la parroquia Régulo de Mora varía significativamente dependiendo de su ubicación, diseño y mantenimiento. Los tanques de captación presentan un grado de vulnerabilidad alto, influenciado principalmente por la falta de mantenimiento preventivo y su emplazamiento en áreas geotécnicamente inestables, lo que incrementa el riesgo de deslizamientos y pone en peligro la continuidad del suministro de agua. Por su parte, la línea de conducción evidencia una vulnerabilidad media debido a su exposición a zonas con inclinaciones no tan pronunciadas y suelos arcillosos susceptibles de saturación, situación agravada por la ausencia de sistemas de drenaje efectivos. El tanque de tratamiento, aunque construido con hormigón, muestra signos de deterioro asociados a su antigüedad y a la saturación del suelo en períodos lluviosos, lo que lo posiciona en un nivel de vulnerabilidad media. Finalmente, la línea de distribución, indica una vulnerabilidad media ya que su estado actual está en buenas condiciones y se emplea materiales frágiles como el PVC por lo que se debería implementar medidas preventivas. Este análisis subraya la necesidad de priorizar acciones preventivas y correctivas basadas en estos resultados para garantizar la sostenibilidad y funcionalidad del sistema.

El análisis realizado sobre los componentes del sistema de agua de consumo en la parroquia Régulo de Mora evidencia un alto nivel de vulnerabilidad en los tanques de captación, sustentado en datos obtenidos a través de estudios de estabilidad de taludes y evaluaciones estructurales. En la captación, se observa un factor de seguridad de 0,65 mismo que nos indica que el talud es inestable, debido a su ubicación en terrenos con alta inestabilidad geotécnica,

indicador de condiciones altamente inestables que ponen en riesgo directo la infraestructura y el suministro de agua en caso de deslizamientos. La línea de conducción de agua está ubicada en terrenos que han sido evaluados como estables mismos que presentan un factor de seguridad de 1,26, se puede considerar que la infraestructura es segura y adecuada para su funcionamiento a largo plazo sin embargo, es importante monitorear y realizar mantenimientos periódicos para garantizar su correcto funcionamiento. El tanque de tratamiento y la línea de distribución se encuentran ubicadas en zonas estables razón por la cual no se realizó el análisis de estabilidad de talud en el GEO5 de los componentes antes mencionados.

Se han identificado múltiples medidas preventivas destinadas a mitigar los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra y su impacto en el sistema de agua de consumo. Entre estas, destaca la construcción de muros de contención en taludes críticos, cuya estabilidad fue evaluada con resultados de factores de seguridad bajos (FoS < 1.0 en varios puntos) donde están ubicados los tanques de captación, reflejando su alta inestabilidad. Asimismo, se propone la instalación de sistemas de drenaje para reducir la saturación de los suelos, especialmente en áreas cercanas a los tanques de captación y tratamiento. También se contempla la implementación de sensores de monitoreo geotécnico, con el fin de obtener alertas tempranas sobre posibles fallas en los taludes que podrían comprometer las líneas de conducción y distribución.

Además, se subraya la importancia de realizar campañas de educación comunitaria para incrementar la participación en el mantenimiento preventivo del sistema y fomentar la resiliencia ante desastres. Sin embargo, la falta de recursos financieros y técnicos, sumada a la ausencia de un plan de acción coordinado, continúa siendo un desafío importante, lo que resalta la necesidad de gestionar alianzas estratégicas y apoyo institucional para la implementación efectiva de estas medidas.

Estas conclusiones reflejan la situación actual del sistema de agua de la parroquia Régulo de Mora y destacan la necesidad urgente de medidas correctivas para mitigar los riesgos asociados a los deslizamientos de tierra.

5.2. Recomendaciones

Es fundamental realizar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo regular en los tanques de captación y conducción del sistema de agua. Además, se recomienda reubicar las infraestructuras más cercanas a las zonas de riesgo o reforzarlas con estructuras de protección como muros de contención y sistemas de drenaje para reducir su vulnerabilidad a los deslizamientos.

Debido a la inestabilidad de los taludes y al bajo factor de seguridad identificado, es crucial implementar medidas de estabilización inmediata, tales como muros de contención, terraplenes, y la plantación de vegetación para reducir el riesgo de deslizamientos. Además, se recomienda realizar un monitoreo constante de la estabilidad del terreno mediante el uso de sensores de movimiento de tierra y análisis periódicos de los taludes.

Para garantizar la efectividad de las medidas preventivas propuestas, se recomienda establecer un plan de acción coordinado que incluya a las autoridades locales, técnicos especializados y la comunidad. Es importante buscar recursos financieros y técnicos para la implementación de las medidas, así como programas de formación y concienciación para los habitantes, que les permitan identificar riesgos y actuar de manera rápida ante posibles deslizamientos.

Estas recomendaciones están enfocadas en fortalecer la infraestructura y la resiliencia del sistema de agua, así como en proteger a la comunidad frente a futuros desastres naturales.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

Barcelona, U. de. (2018). *Vulnerabilidad Global y Pobreza*. Hum.Unne.Edu.Ar. https://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo2/contenid/vulner3.htm

Biologia-Geologia. (2020). *Tipos de movimientos de ladera*. Biologia-Geologia.Com. https://biologia-geologia.com/geologia/5222_tipos_de_movimientos_de_ladera.html

Cooperación Suiza en América Central. (2013). *Guia Para La Reduccion De La Vulnerabilidad En Sistemas De Agua Potable Y Saneamiento*. 1–50. www.cosude.org.ni

Enciclopedia Significados. (2020). *Qué es la Vulnerabilidad*. Significados.Com. https://www.significados.com/vulnerabilidad/

Escobar, C., & Duque, G. (2017). Obras de Estabilización de Taludes. *Bdigital.Unal*, 119–136. http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/22/obrasdeestabilizaciondetaludes.pdf

Everest Geophysics. (2020). *DESLIZAMIENTOS*. Everestgeophysics.Com. https://everestgeophysics.com/es/aplicaciones/riesgos-geologicos/deslizamientos/

González-Valencia, A. (2023). *Análisis del riesgo y vulnerabilidad climatica con enfoque ecosistemico*.

Gonzalez, J. (2005). Protección De Captaciones De Agua Para Consumo Humano Ante Desastres Y Emergencias. *Usac*, 192. http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0041/doc0041.pdf

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. In *McGRAW-HILL Interamericana Editores* (Vol. 6).

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico). http://www.mhhe.com/latam/sampieri_mi1e

Jiménez, C. del Á. (2017). *Aprovechamiento de agua de lluvia para consumo humano.* Linkedin. https://www.linkedin.com/pulse/aprovechamiento-de-agua-lluvia-para-consumo-humano-del-álamo-jiménez/?originalSubdomain=es

Maria, L., Marrero, V., Garzón, E. F., & Méndez, J. A. (2017). *Evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad física ante desastres naturales por el M . E . F . May 2008*.

Ministerio de la Presidencia. (2023). Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criteriostécnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. *«BOE» Núm. 9, de 11 de Enero de 2023*, 4253–4354. https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/10/3

Moreira, Lady. (2017). Potencial Vulnerabilidad Física de los Sistemas de Agua Potable, Facilidades Hidrocarburíferas y el Sistema Nacional Interconectado Expuestos a Lahares del Volcán Cotopaxi en el Drenaje Norte". In *Вестник Росздравнадзора* (Vol. 4, Issue 1).

Moscoso-Vintimlla, G., Paucar-Camacho, A., & Solano-Peláez, L. (2021). *Vulnerabilidad física y exposición ante la amenaza de movimientos en masa del Sistema de Agua Potable Culebrillas de la Ciudad de Cuenca*. Cienciadigital.Org. https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1573

OEA. (1991). *Desastres , Planificación y Desarrollo : Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños amenazas naturales en la planificación del*.

Ojeda, G., Lacreu, H., & Sosa, G. del R. (2007). Amenazas Naturales. *Atlas De Recursos Geoambientales*, *2*, 43–47. http://lae.unsl.edu.ar/Ediciones/III Amenazas Naturales.pdf

OPS/OMS. (2020). *Principales Daños de los Desastres en los Sistemas*. Phao.Org. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.disaster-info.net/watermitigation/e/afiches/Afiche_Impactos.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador.* 1–35.

Pachacama-Oña, F., & Fernanda Cevallos-López. (2012). *Análisis De Riesgo , Vulnerabilidad De Los De Agua Potable Rios Orientales Ramal*.

Saladié, Ò. (2020). *Clasificación de los riesgos*. Desenvolupamentsostenible.Org. https://www.desenvolupamentsostenible.org/es/-los-riesgos-naturales/2-los-fenomenos-naturales-extremos/2-3-clasificacion-de-los-riesgos

SINAC. (2020). *Control de aguas destinadas al abastecimiento*. Miteco.Gob.Es. https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/programas-seguimiento/control-adiciona-zonas-protegidas-abastecimientos.html

Sosa, J. G., & Solís, A. E. E. (2004). Análisis de vulnerabilidad física y medidas de mitigación del sistema de agua potable de Telchac Puerto ante la amenaza de huracanes. *Ingeniería*, *8*(2), 0.

Tsuneki, H. (2018). *Midiendo la vulnerabilidad ante desastres*. Blogs.Ialdb.Org. https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/midiendo-la-vulnerabilidad-ante-desastres/

UNICEF. (2019). *Cómo prepararse, responder y recuperarse DESASTRES Y AMENAZAS NATURALES*. www.unicef.org/lac

Urquiza, A., & Billi, M. (2020). Seguridad hídrica y energética en América Latina y el Caribe Definición y aproximación territorial para el análisis Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. *Cepal*, 53. https://pixabay.com/es/photos/just-add-water-planta-%0Ahttps://lawetnet.org/wp-content/uploads/2021/02/Manual-La-Seguridad-Hidrica-y-los-ODS.pdf

Zapata Martí, R., Caballeros, R., Jarquín, E., Perfit, J., & Mora, S. (2000). La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. *Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión Del Desarrollo*, 1–47. http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc12961/doc12961-contenido.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Check List de los componentes del sistema de agua de la parroquia Regulo de Mora

Check List de los tanques de captación

1. Estado de los tanques de captación de agua

Check list de evaluación de la vulnerabilidad física del tanque de captación de agua ante la amenaza de deslizamientos.

- Estado estructural actual de los tanques de captación.
  - ☐ Excelente
  - ☐ Bueno
  - ☑ Regular
  - ☐ Malo

- Material están construidos los tanques
  - ☑ Hormigón
  - ☐ Acero
  - ☐ Plástico

- Antigüedad de los tanques de captación
  - ☐ Menos de 5 años
  - ☐ 5-10 años

- ☑ Más de 10 años

- Distancia que están los tanques de las zonas de riesgo de deslizamientos
  - ☑ Muy cerca
  - ☐ Moderadamente cerca
  - ☐ Lejos

- Tipo de suelo predomina en el área donde están ubicados los tanques
  - ☐ Rocoso
  - ☑ Arcilloso
  - ☐ Arenoso
  - ☐ Otro (especificar): _____

- Los deslizamientos que se han registrado en la zona en el último año
  - ☐ Ninguno
  - ☑ 1-2
  - ☐ Más de 3

Severidad de los deslizamientos en la infraestructura

- ☐ Leve
- ☑ Moderado

- ☐ Severo

- Factores predominantes causan deslizamientos en la zona
  - ☑ Lluvias intensas
  - ☐ Sismos
  - ☐ Actividad humana

- Medidas preventivas contra deslizamientos en los tanques de captación
  - ☐ Sí
  - ☑ No

Check List de la línea de conducción

2. Estado de la línea de conducción de agua.

- Estado estructural actual de la distribución:

  ☐ Excelente

  ☑ Bueno

  ☐ Regular

  ☐ Malo

- Material con el que está construida la tubería:

  ☑ PVC

- ☐ Acero galvanizado
- ☐ Polietileno

- Ubicación de la tubería propensa a zonas de riesgo de deslizamientos:

- ☑ Muy cerca
- ☐ Moderadamente cerca
- ☐ Lejos

- ¿Medidas preventivas implementadas contra deslizamientos en la tubería de distribución?

- ☐ Sí

☑ No

Check List del tanque de tratamiento

3. Estado del tanque de tratamiento de agua.

- **Estado estructural actual del tanque de tratamiento:**

- ☐ Excelente
- ☑ Bueno
- ☐ Regular
- ☐ Malo

- Material con el que está construido el tanque:

- [x] Hormigón
- [ ] Acero
- [ ] Plástico

- Antigüedad del tanque

- [ ] Menos de 5 años
- [ ] 5-10 años
- [x] Más de 10 años

- Distancia del tanque a zonas de riesgo de deslizamientos:

- [ ] Muy cerca
- [ ] Moderadamente cerca
- [x] Lejos

- Tipo de suelo predominante en el área:

- [ ] Rocoso
- [x] Arcilloso
- [ ] Arenoso

- Frecuencia de deslizamientos en la zona

- [x] Ninguno
- [ ] 1-2

- ☐ Más de 3

- Severidad de los deslizamientos

  - ☑ Leve
  - ☐ Moderado
  - ☐ Severo

- Factores predominantes que causan deslizamientos en la infraestructura:

  - ☐ Lluvias intensas
  - ☐ Sismos
  - ☐ Actividad humana
  - ☑ Otro (especificar): _____

- Medidas preventivas implementadas

  - ☐ Sí
  - ☑ No

Check List de la línea de distribución

4. **Distribución del agua:**

- **Distribución del agua**

  - ☐ Excelente

- [x] Bueno
- [ ] Regular
- [ ] Malo

- **Material con el que está fabricada la tubería:**

- [x] PVC
- [ ] Acero galvanizado
- [ ] Polietileno
- [ ] Otro (especificar): _____

- **Proximidad de la tubería a zonas de riesgo de deslizamientos:**

- [ ] Muy cerca
- [ ] Moderadamente cerca
- [x] Lejos

- **Medidas preventivas**

- [ ] Sí
- [x] No

Anexo 2: Memoria fotográfica



Foto 1-2: **Visita a los tanques del sistema de agua**



Foto 3-4: **Levantamiento de información de campo**



Foto 4-5: **Entrevista con dirigentes de Regulo de Mora**