



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE

DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA 64+000

VÍA GUARANDA–BALSAPAMBA ANTE DESLIZAMIENTO EN EL PERÍODO

MARZO 2026 – JULIO 2026.

AUTOR(AS):

Agualongo Chimbo Shisayra Margoth

Sánchez Poalacin Joselyn Liliana

DIRECTOR (A)

Ing. Jorge Javier Analuisa Sánchez, Msc.

GUARANDA – ECUADOR

2026

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Análisis de estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 en la vía Guaranda–Balsapamba ante deslizamiento en el período marzo 2026-julio 2026.

AGRADECIMIENTO

La culminación de este trabajo marca un antes y un después, expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por ayudarme a culminar esta etapa tan importante de mi vida profesional.

A mis padres por su amor, apoyo incondicional, comprensión y la infinita confianza que pusieron en mí durante mi formación académica. Nunca los defraudé siempre cumplí con mi lealtad y hoy los demostré.

Agradecimiento especial a mi hermano/a, Lic. Edgar Agualongo y Lic. Jhuliana Agualongo gracias por ser una fuente de inspiración, motivación y compartir momentos inolvidables no solo para mí sino para mis demás hermanas/o quedo profundamente agradecida con ustedes por su paciencia, amor infinito recordando siempre que por más difícil sea el camino siempre saldremos adelante unidos siempre.

Agradecimiento profundo a mi amiga Sánchez Joselyn por su valiosa amistad por todos los momentos compartidos cada lágrima, cada logro, cada sonrisa, siempre estuvimos allí para darnos la mano y enfrentar cualquier desafío esa amiga que se convirtió en una hermana, demostrando siempre una lealtad incondicional. Su lema (tengo hambre).

Agradezco la Universidad Estatal de Bolívar, por abrirme sus puertas y permitirme culminar esta etapa de formación académica. Mi gratitud sincera a mis docentes por compartir sus conocimientos. De manera especial a mi docente tutor Ing. Javier Chela, por su valiosa orientación, paciencia y ser el guía fundamental durante la ejecución de este trabajo convirtiéndose en nuestro amigo que siempre respetaremos y admiraremos.

Shisayra Agualongo

DEDICATORIA

A mi Dios y a ti hermanito José Greorio Hernández porque nunca me ha dejado solo quien me lleva de su mano en cada momento, por iluminarme, guiarme siempre por el camino del bien, a pesar de las decisiones que he tomado con tu bendición y sabiduría padre amado he culminado una etapa profesional de mi vida.

A mi querida madre, Rosa Pasto y Gregoria Pasto quien durante toda su vida cuidó de mí, desde la niñez hasta la adolescencia, por tus sabios consejos siempre los tuve y los tendré presente.

A mi amada madre, María Chimbo porque con tus consejos, tu infinito amor hacia mí, me enseñaste que nunca es tarde para volver a empezar y luchar por nuestros sueños. Te dedico este logro con mucho amor porque nunca me dejaras y no te dejaré sola, este camino lo recorreremos juntas.

A mi amado padre, José Agualongo por ser un ejemplo de lucha y perseverancia, porque has hecho todo lo posible para que no nos falta nada, me demostraste que si hacemos las cosas con amor y dedicación todo saldrá bien. Te dedicó este logro con infinito amor y nunca te dejare solo.

Shisayra Agualongo

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por guiar mis pasos y concederme la fortaleza necesaria para culminar este proceso académico. A la Universidad Estatal de Bolívar le expreso mi más sincero reconocimiento por abrirme sus puertas y ofrecerme un entorno propicio para formarme tanto profesional como personalmente.

A los docentes de la carrera, gracias por compartir su saber con generosidad y por su constante disposición para orientar y motivar. Cada lección, comentario y ejemplo práctico contribuyó de manera decisiva a mi crecimiento profesional y humano.

Mi especial gratitud a mi tutor de tesis, Ing. Javier Chela, por la confianza brindada, su orientación académica y las valiosas observaciones que enriquecieron este trabajo. Su acompañamiento paciente y su experiencia fueron clave para superar los retos del proceso investigativo y cumplir los objetivos propuestos.

Con profundo afecto agradezco a mi compañera y amiga de tesis, Shisayra Agualongo. Juntas emprendimos este reto entre noches de desvelo, cafés compartidos y conversaciones que aliviaron la incertidumbre. Esas jornadas a deshora, los intercambios de ideas y la solidaridad en los momentos difíciles forjaron una amistad profesional que trascendió el proyecto. Su compromiso, escucha y honestidad intelectual fueron impulso y sostén, y su compañía transformó las dificultades en aprendizaje. Más que una colega, Shisayra fue compañera de ruta, y su amistad hizo posible llegar hasta aquí.

“Los sueños de las personas nunca terminan, deja que se sigan burlando. Mientras nos dirigimos a la cima habrá peleas que tendremos que rechazar” -Marshall.D Teach.

Joselyn Sánchez

DEDICATORIA

Este logro está dedicado, en primer lugar, a mis padres, **Marlene Poalacin** y **Víctor Sánchez**, quienes han sido el pilar más importante de mi vida. Gracias por cada sacrificio, por las enseñanzas que me transmitieron con su ejemplo y por inculcarme valores que hoy forman parte de quien soy. Nunca dejaron de creer en mí, incluso cuando yo misma dudaba de mis capacidades. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y el esfuerzo silencioso que realizaron para verme alcanzar esta meta hicieron posible que hoy pueda cumplir uno de mis mayores sueños.

A mi tía **Gabriela Poalacin**, a quien considero mi segunda madre, le expreso mi más profundo cariño y gratitud. En los momentos en que mi madre no pudo estar a mi lado, usted llenó ese espacio con amor, comprensión y cuidados. Su presencia fue un regalo invaluable que siempre llevaré en mi corazón.

A mis hermanos, gracias por acompañarme durante este camino. De manera especial, a mi querido hermanito **Gabriel Ramírez**, por escucharme cuando más lo necesitaba, por motivarme a seguir adelante y recordarme que nunca estaba sola. Tu apoyo fue una fortaleza en los momentos de mayor agotamiento.

A mi abuelita, que desde el cielo sigue siendo la luz silenciosa que acompaña cada uno de mis pasos. Este logro también lleva su amor y su recuerdo.

Finalmente, me dedico este logro a mí misma. Detrás de estas páginas hay noches de desvelo, sacrificios, lágrimas y momentos en los que quise rendirme. Sin embargo, siempre recordé el motivo por el que había comenzado y encontré la fuerza para continuar. Hoy comprendo que cada esfuerzo valió la pena y que este sueño se hizo realidad.

Joselyn Sánchez

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

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

Guaranda, 16 de Agosto de 2026.

El suscrito Ing. Jorge Javier Analuisa Sánchez Msc., Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA 64+000 VÍA GUARANDA BALSAPAMBA ANTE DESLIZAMIENTO EN EL PERÍODO MARZO 2026 – JULIO 2026.**”; realizado por los señores: **Shisayra Margoth Agualongo Chimbo y Joselyn Liliana Sanchez Poalacin** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.



Ing. Jorge Javier Analuisa Sánchez, Msc.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras **AGUALONGO CHIMBO SHISAYRA MARGOTH Y SANCHEZ POALACIN JOSELYN LILIANA** portadores de la Cédula de Identidad No **0250160090** y **1805397906** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD UBICADO EN LA ABSCISA 64+000 VÍA GUARANDA – BALSAPAMBA ANTE DESLIZAMIENTO EN EL PERÍODO MARZO 2026 – JULIO 2026**, modalidad **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

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.

Nombres y Apellidos**Nombres del Autor 1****Agualongo Chimbo Shisayra Margoth****Nombres y Apellidos****Nombre del Autor 2****Sanchez Poalacin Joselyn Liliana**

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA.....	6
CERTIFICADO DEL DIRECTOR	7
DERECHO DE AUTORÍA NOTARIZADA	8
INTRODUCCIÓN	16
RESUMEN.....	18
ABSTRACT.....	19
1. CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	20
1.1. Planteamiento del Problema	20
1.2. Formulación del Problema.....	23
1.3. Preguntas de Investigación	23
1.4. Objetivos.....	24
1.4.1. Objetivo General	24
1.4.2. Objetivos Específicos	24
1.5. Justificación	25
1.6. Hipótesis	26
1.7. Variables	26
1.8. Operacionalización de Variables	27
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	28
2.1. Referencial y Georreferencial.....	28
2.2. Antecedentes:.....	30

2.3.	Científico (bases teóricas que fundamentan la investigación).....	34
2.4.	Marco Legal.....	53
2.4.1.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA	53
2.4.2.	LEY ORGÁNICA DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO	55
2.4.3.	LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL USO Y GESTIÓN DEL SUELO (LOOTUGS).	55
2.4.4.	LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA DE CONTRATACIÓN PÚBLICA	56
2.4.5.	LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES	56
2.4.6.	CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN.....	56
2.5.	Conceptual:.....	57
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	59
3.1.	Tipo de Investigación:	59
3.2.	Enfoque de la investigación:.....	60
3.3.	Diseño de investigación.....	60
3.4.	Métodos de investigación:	60
3.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	61
3.6.	Universo, Población y Muestra	61
3.7.	Técnicas de análisis y procesamiento de la información.....	62
3.7.1.	Objetivo 1.....	62
3.7.2.	Objetivo 2.....	68
3.7.3.	Objetivo 3.....	73
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	81
4.1.	Análisis, Interpretación y discusión de Resultados	81

4.1.1. Objetivo 1. Determinar las características intrínsecas (Geometría del talud, Geología, Litología y Propiedades Geotécnicas) y los factores desencadenantes que influyen en la estabilidad del talud ante la amenaza de deslizamiento en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba.	81
4.1.2. Objetivo 2. Establecer el índice de la estabilidad del talud utilizando el cálculo del factor de seguridad (FS) mediante el método del Bishop simplificado en la zona de estudio.	97
4.1.3. Objetivo 3. Proponer medidas de mitigación ante el riesgo de deslizamientos en el talud ubicado en la abscisa 64+000.....	107
4.2. Comprobación de hipótesis	107
5. CAPÍTULO V. PROPUESTA	108
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES:.....	117
BIBLIOGRAFÍA	118
ANEXOS:	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades geotécnicas	45
Tabla 2. Clasificación del suelo (SUCS)	66
Tabla 3. Parámetros para el cálculo del método de Bishop.	71
Tabla 4. Tabla de equivalencias de varillas micro aleada.....	75
Tabla 5. Tabla aceros	75
Tabla 6. Acero de la zapata.....	77
Tabla 7. Cálculos.....	80
Tabla 8. Geometría de talud.....	82
Tabla 9. Granulometría	83
Tabla 10. Granulometría	84
Tabla 11. Límites de Atterberg	86
Tabla 12. Ensayo de Compresión Triaxial.....	87
Tabla 13. Ensayo de corte directo saturado	88
Tabla 14. Ensayo de Corte Directo	88
Tabla 15. Precipitaciones anuales (mm)	89
Tabla 16. Parámetros método de intervalos iguales.....	90
Tabla 17. Clasificación de las precipitaciones	90
Tabla 18. Zonas sísmicas y factor de zona Z	93
Tabla 19. Coeficiente de amplificación del suelo	93
Tabla 20. Parámetros para el cálculo	97
Tabla 21. Cálculo Método de Bishop.....	98
Tabla 22. Calculo Método Bishop	100

Tabla 23. Calculo Método Bishop	102
Tabla 24. Calculo Método Bishop	104
Tabla 25. Parámetros de diseño	110
Tabla 26. Calculo estructural	110
Tabla 27. Estructural del pie de muro	111
Tabla 28. metrado de acero y encofrado	111
Tabla 29. Presupuesto estimado	113
Tabla 30. Cronograma de proyectos y ejecución	114

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de Balsapamba-----	29
Ilustración 2. Derrumbes y caídas de bloques-----	36
Ilustración 3. Volcamiento o basculamiento -----	37
Ilustración 4. Reptación de suelos -----	38
Ilustración 5. Deslizamientos peculiares o superficiales -----	39
Ilustración 6. Deslizamientos rotacional o circulares -----	39
Ilustración 7. Deslizamientos traslacionales -----	40
Ilustración 8. Deslizamientos complejos-----	41
Ilustración 9. Deslizamientos Compuestos -----	41
Ilustración 10. Coladas o flujos -----	42
Ilustración 11. Elementos de un deslizamiento -----	44
Ilustración 12. Modelo del método de equilibrio-----	47
Ilustración 13. Modelo de las rebanadas -----	48
Ilustración 14. Modelo del método de fellenius -----	49
Ilustración 15. Modelo del método de Janbu-----	51
Ilustración 16. Perfil 1 Geometría del talud -----	63
Ilustración 17. Perfil 2 Geometría del talud -----	64
Ilustración 18. Delimitación del talud en estudio mediante ortofoto y curvas de nivel -----	81
Ilustración 19. Histograma de precipitación anual -----	90
Ilustración 20. Mapa de diseño Sísmico -----	92
Ilustración 21. Perfil 1. Método de dovelas -----	98

Ilustración 22. Perfil 1. Método de dovelas	100
Ilustración 23. Perfil 2. Método de dovelas	102
Ilustración 24. Perfil 2. Método de dovelas	104
Ilustración 25. Plano del pie de muro	112

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos constituyen una amenaza que puede afectar la estabilidad de los taludes y generar consecuencias sobre la infraestructura vial. En este contexto, el análisis de estabilidad permite identificar las condiciones que influyen en el comportamiento del talud y establecer medidas de mitigación orientadas a reducir el riesgo asociado a estos eventos.

La presente investigación tiene como finalidad analizar la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba ante deslizamiento. El estudio considera las características intrínsecas del talud, relacionadas con su geometría, geología, litología y propiedades geotécnicas, además de los factores desencadenantes que pueden influir en su estabilidad. Para ello, se realiza la caracterización del área de estudio, el análisis de las propiedades del suelo y la determinación del factor de seguridad mediante el método de Bishop Simplificado, con el propósito de establecer las condiciones de estabilidad del talud y plantear una medida de mitigación.

La investigación está estructurada en cinco capítulos. El Capítulo I, Formulación General del Proyecto, presenta el planteamiento y formulación del problema, las preguntas de investigación, los objetivos, la justificación, la hipótesis y las variables que orientan el estudio. Estos elementos permiten delimitar el problema relacionado con la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000.

El Capítulo II, Marco Teórico, desarrolla los antecedentes y fundamentos teóricos, científicos y legales relacionados con la estabilidad de taludes y la amenaza de deslizamientos, los cuales sustentan la investigación.

El Capítulo III, Metodología, describe el enfoque mixto de la investigación, que integra elementos cualitativos y cuantitativos, así como el tipo y diseño de investigación. Además, se

presentan los métodos deductivo y analítico, las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos y las técnicas empleadas para el análisis y procesamiento de la información.

El Capítulo IV, Resultados y Discusión, presenta y analiza los resultados obtenidos mediante la caracterización de las condiciones del talud y la determinación de su estabilidad a través del cálculo del factor de seguridad mediante el método de Bishop Simplificado, estableciendo su relación con los objetivos planteados.

Finalmente, el Capítulo V, Propuesta, presenta la medida de mitigación planteada para el talud ubicado en la abscisa 64+000, desarrollada a partir de las condiciones identificadas durante el análisis de estabilidad. La propuesta contempla el diseño de un pie de muro de hormigón armado como medida de estabilización del talud, considerando los parámetros necesarios para su diseño.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64 + 000 de la vía Guaranda-Balsapamba, mediante la caracterización de sus propiedades intrínsecas la evaluación de su condición de estabilidad y la propuesta de una medida de mitigación orientada a mejorar su comportamiento geotécnico. La metodología aplicada se desarrolló a partir del levantamiento de información geotécnica en campo, complementando con la ejecución de ensayos de laboratorio destinados a la determinación de las propiedades del suelo, tales como granulometría, humedad natural y parámetros de resistencia al corte. Posteriormente se realizó el análisis de estabilidad del talud mediante el método de equilibrio límite de Bishop, con el cual se determina el factor de seguridad bajo condiciones representativas del sitio. Los resultados obtenidos ponen en evidencia que las características propias del suelo inciden directamente sobre la estabilidad del talud, generando un factor de seguridad que revela condiciones claramente desfavorables cuando se enfrentan a escenarios críticos de sobrecarga o saturación por lluvias intensas. A partir de estos hallazgos, se optó por diseñar un pie de muro como solución de estabilización, una medida que no solo aumenta la resistencia global del sistema, sino que también mejora de forma notable su equilibrio estructural, aportando de más una mayor capacidad para absorber movimientos imprevistos del terreno. Por todo ello, se concluye que el talud necesita intervenciones estructurales complementadas con un riguroso control técnico continuo, donde el pie de muro emerge como una alternativa viable y eficiente que reduce significativamente la susceptibilidad a fallas y refuerza la seguridad vial en esta zona de alto tránsito.

Palabras clave: Estabilidad de taludes, Geotecnia, Método Bishop, factor de seguridad, deslizamiento.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the stability of the slope located at station 64+000 of the Guaranda-Balsapamba highway by characterizing its intrinsic properties, evaluating its stability, and proposing a mitigation measure to improve its geotechnical performance. The methodology involved gathering geotechnical data in the field and conducting laboratory tests to determine soil properties, such as grain-size distribution, natural moisture content, and shear strength parameters. Subsequently, slope stability was analyzed using Bishop's limit equilibrium method to determine the factor of safety under site-specific conditions. The results demonstrate that the soil's inherent characteristics directly influence slope stability, yielding a factor of safety that indicates clearly unfavorable conditions when subjected to critical scenarios involving surcharge or saturation from heavy rainfall. Based on these findings, a toe wall was designed as a stabilization solution; this measure not only increases the system's overall strength and structural balance but also enhances its capacity to withstand unexpected ground movements. Therefore, it is concluded that the slope requires structural interventions accompanied by rigorous, continuous technical monitoring, with the toe wall emerging as a viable, efficient alternative that significantly reduces failure susceptibility and improves road safety in this high-traffic area.

Keywords: slope stability, geotechnics, Bishop method, safety factor, landslide

1. CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

Ecuador presenta una alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico y la presencia de la cordillera de Los Andes, caracterizado por pendientes pronunciadas y relieves montañosos, en el cual el mayor número de deslizamientos se generan principalmente en época lluviosa. La Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos menciona que los deslizamientos de tierra se producen debido a la deforestación, construcciones inadecuadas, excavaciones sin estudios de suelos; lo que ocasiona que la tierra se debilite y esté propensa a fallar ante la época lluviosa (Vélez, 2022).

La parroquia Balsapamba, perteneciente al cantón San Miguel, se localiza en la cordillera Occidental de los Andes y constituye una zona de transición geográfica y climática entre las regiones Costa y Sierra del Ecuador. Su territorio se caracteriza por un relieve irregular, con pendientes moderadas y pronunciadas, además de condiciones geológicas y geotécnicas asociadas a materiales fracturados y meteorizados, discontinuidades estructurales y suelos susceptibles a procesos de remoción en masa. Estas características intrínsecas, en interacción con factores desencadenantes como las precipitaciones intensas y la sismicidad, favorecen la ocurrencia de deslizamientos y otros procesos de inestabilidad del terreno, que pueden afectar la infraestructura vial, las actividades socioeconómicas y la seguridad de la población.

La vía Guaranda–Balsapamba, ubicada en el cantón San Miguel, constituye un corredor vial de primer orden y cumple una función estratégica al conectar las regiones Sierra y Costa del Ecuador. Sin embargo, las condiciones geomorfológicas del sector, caracterizadas por pendientes pronunciadas y relieves escarpados, conjuntamente con la presencia de materiales meteorizados y la ocurrencia de precipitaciones intensas, generan escenarios susceptibles a movimientos en masa.

En particular, en la abscisa 64+000 se localiza un talud que ha presentado condiciones asociadas a procesos de deslizamiento, comprometiendo potencialmente la estabilidad del terreno y la funcionalidad de la infraestructura vial. Esta situación puede generar desplazamiento de material, obstrucción de la calzada, daños en la vía y exposición de los usuarios, por lo que resulta necesario analizar su estabilidad y determinar su condición de seguridad frente a posibles procesos de deslizamiento.

El presente proyecto de investigación se enfoca en analizar la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba, ante la amenaza de deslizamiento. La problemática adquiere relevancia debido a los antecedentes de movimientos en masa registrados en sectores próximos al área de estudio. Durante marzo de 2025, la vía Guaranda–Balsapamba presentó afectaciones asociadas a deslizamientos en el sector de Alungoto. El 4 de marzo de 2025 se reportó el cierre de la vía debido a un deslizamiento de tierra en el kilómetro 65+000, ocasionando el bloqueo de la circulación y afectando a vehículos particulares y buses interprovinciales que transitaban entre la Sierra y la Costa. Además, se informó sobre la destrucción de parte de la calzada en otro tramo de la vía.

Posteriormente, el 17 de marzo de 2025, se registró un nuevo deslizamiento en el kilómetro 64+000, sector de Alungoto, generando nuevamente restricciones a la circulación vehicular. De acuerdo con la información reportada, las fuertes lluvias estuvieron relacionadas con el desarrollo de estos eventos y la vía presentó daños importantes que afectaron el transporte de personas y mercancías. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas informó que el tramo del km 64+500 fue parcialmente habilitado para vehículos livianos mientras se ejecutaban trabajos de reparación por las afectaciones producidas en la vía.

Estos antecedentes evidencian la ocurrencia de procesos de inestabilidad en el entorno de la abscisa 64+000 y permiten reconocer la importancia de analizar las condiciones que pueden favorecer la generación de deslizamientos en este sector. La precipitación constituye un factor desencadenante relevante, debido a que la infiltración de agua en el terreno puede incrementar su peso y disminuir su resistencia al corte. A este factor se suman las características intrínsecas del talud, relacionadas con su geometría, geología, litología y propiedades geotécnicas, así como la influencia de la actividad sísmica.

En este contexto, el talud ubicado específicamente en la abscisa 64+000 constituye el área de análisis de la presente investigación, debido a la necesidad de determinar sus condiciones de estabilidad frente a la amenaza de deslizamiento y las posibles afectaciones que un proceso de inestabilidad podría generar sobre la calzada y la circulación vehicular. Por ello, se aplicará el método de Bishop para determinar el factor de seguridad y analizar el comportamiento del talud frente a la amenaza de deslizamiento, cuyos resultados permitirán establecer sus condiciones de estabilidad y sustentar la propuesta de medidas de mitigación orientadas a reducir el riesgo asociado a este proceso.

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera las características intrínsecas y los factores desencadenantes influyen en la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 en la vía Guaranda – Balsapamba ante deslizamiento?

1.3. Preguntas de Investigación

¿Cuáles son las propiedades geotécnicas de los materiales que conforma el talud y cómo influye en su estabilidad?

¿Cuál es la condición de estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba determinada mediante el cálculo del factor de seguridad?

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Analizar la estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 en la vía Guaranda – Balsapamba ante deslizamiento.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar las características intrínsecas (Geometría del talud, Geología, Litología y Propiedades Geotécnicas) y los factores desencadenantes que influyen en la estabilidad del talud ante la amenaza de deslizamiento en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba.
- Establecer el índice de la estabilidad del talud utilizando el cálculo del factor de seguridad (FS) mediante el método de Bishop simplificado.
- Proponer medidas de mitigación ante el riesgo de deslizamientos en el talud ubicado en la abscisa 64+000.

1.5. Justificación

El análisis de la estabilidad de talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda-Balsapamba, es de gran importancia, ya que contribuye a la seguridad de los conductores y al bienestar de los habitantes de la zona de Balsapamba. Al determinar la inestabilidad del talud identificado mediante el factor de seguridad se pueden implementar medidas de prevención y mitigación para reducir significativamente los riesgos de deslizamiento. Asimismo, este estudio no se limita únicamente a un análisis técnico del terreno, sino que también contribuye al fortalecimiento de la cultura de gestión de riesgos de desastres en el área de estudio.

Este estudio es necesario ya que permitirá de manera efectiva, conocer el comportamiento del talud, lo que facilita la toma de decisiones en las medidas de prevención y mitigación ante el deslizamiento garantizando la seguridad de la infraestructura vial y la población.

Los principales beneficiarios serán la población local y autoridades competentes, quienes contarán con los estudios e información técnica actualizada lo cual permitirá gestionar una mejor planificación y toma de decisiones en gestión de riesgos, además, la parroquia depende de la vía para su movilidad y desarrollo económico ya que es una vía estatal de conectividad entre la Sierra y la Costa.

1.6. Hipótesis

H₁: Si el factor de seguridad (FS) del talud en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba es menor a 1,5 el talud presenta condiciones de inestabilidad frente a la amenaza de deslizamiento.

H₀: Si el factor de seguridad (FS) del talud en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba es mayor o igual 1,5 el talud se considera estable frente a la amenaza de deslizamiento.

1.7. Variables

Variable independiente: Características intrínsecas y los factores desencadenantes.

Variable dependiente: Estabilidad de talud

1.8. Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala	Instrumento
Independiente Características intrínsecas y los factores desencadenantes	Generalmente son procesos condicionado por factores intrínsecos y activado por factores desencadenantes que al interactuar reduce la resistencia del suelo y aumentan las fuerzas movilizadoras generando ruptura del terreno causando así el deslizamiento(Suarez Jaime, 2021).	Características Intrínsecas	Geometría del talud	Altura (m)	SIG AutoCAD
				Pendiente (°)	
				Longitud (m)	
			Geología y Litología	Tipo de suelo	Fichas de laboratorio Ensayos de laboratorio de suelo.
			Propiedades Geotécnicas	Granulometría (%)	
				Cohesión (KPa)	
				Ángulo de fricción (°)	
				Índice de plasticidad	
Dependiente Estabilidad de talud	Es una medida utilizada para determinar la capacidad de respuesta que tiene el componente, es decir soporta las fuerzas y las cargas (Longa, 2023).	Factores de estabilidad	Factor de seguridad	Peso Unitario KN/m^3	
		Factor desencadenante	Precipitaciones	(mm)	NASA POWER
			Sismicidad	Factor z	NEC
				Estable $FS > 1.5$ Inestable $FS \leq 1.5$	BISHOP Simplificado Excel

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial y Georreferencial

La parroquia Balsapamba se encuentra ubicada en la región subtropical de la provincia de Bolívar, situada en la ruta que conecta la provincia de Los Ríos con Bolívar a través de la vía colectora Guaranda-Babahoyo. Se localiza en las estribaciones de la cordillera Occidental, delimitada al norte por Las Guardias, al sur por la parroquia Régulo de Mora, y al oeste por Pisagua, contando con una población aproximada de 2.839 habitantes.

El área de estudio presenta una altitud comprendida entre los 750 y 1.100 metros sobre el nivel del mar, con un clima templado subandino, caracterizado por condiciones de humedad permanente y temperaturas que varían entre los 20 °C y 25 °C. Geográficamente, la región en general se encuentra entre los 1°08'59,4" y 2°12'09,9" de latitud sur, y los 79°23'41,7" y 78°49'02,2" de longitud oeste.

Sin embargo, el objeto de estudio específico se centra en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda-Balsapamba, la cual está georreferenciada mediante las coordenadas 703038.29 m E y 9803085.98 m S. Este sector de análisis se localiza a aproximadamente 1,72 kilómetros de distancia del centro parroquial de Balsapamba. La infraestructura vial en este tramo corresponde a una vía colectora asfaltada, la cual cuenta con dos carriles de circulación vehicular (uno por sentido).

Según el PDOT Provincial de Bolívar, esta zona presenta actividades de riesgo por movimientos de masas, especialmente en taludes coluviales y laderas con pendientes fuertes que influyen directamente en la estabilidad del suelo; motivo por el cual el análisis del talud en la zona de estudio se enfoca de manera específica en la abscisa descrita.

Esta parroquia cuenta con una abundante riqueza natural, albergando flora y fauna autóctona, cascadas, ríos y bosques. Su economía se basa principalmente en la preparación de bebidas tradicionales (como el licor de naranja), la elaboración de artesanías y la ejecución de

actividades agropecuarias orientadas al cultivo de café, cacao y naranjas, consolidando al turismo como un eje económico central de la localidad.

Ilustración 1. Ubicación de Balsapamba



Nota: Elaboración Propia (2026).

2.2. Antecedentes:

Para llevar a cabo nuestro proyecto de investigación se consideraron estudios similares de acuerdo al tema, los cuales detallaremos a continuación:

Según Jazmín Fuentes(2021) en su tesis titulada *Evaluación de la estabilidad de los taludes en la avenida Simón Bolívar, en el tramo comprendido entre La Forestal y el colegio Ludoteca, cantón Quito, provincia de Pichincha*. Varios movimientos en masa se han suscitado en el transcurso de los años en la avenida Simón Bolívar teniendo como consecuencia pérdidas humanas, económicas y de infraestructura, cuestionando la estabilidad de los taludes cercanos a la vía. Por lo cual este documento presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que zonifica tres áreas (S1, S2 y S3) de alto de riesgo. Esto mediante el método de evaluación espacial multicriterio con la aplicación de la matriz Saaty, que toma en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes para crear mapas base. Estos mapas son reclasificados para la ponderación de pesos en el programa ArcGIS Pro. Así también expone el análisis de estabilidad para el talud T1 que pertenece a la zona S2. Este refleja inestabilidad ya que se encuentra por debajo del factor de seguridad establecido por la NEC. El análisis se realiza mediante los programas Slide V6 y Phase 2 por el método de equilibrio límite y tenso deformacional. Para los cuales son necesarias las propiedades físico mecánicas de los materiales de T1, recabados mediante investigación bibliográfica, ensayos de campo y de laboratorio. Los ensayos con penetrómetro de bolsillo y veleta son in-situ, mientras que en laboratorio se realizaron ensayos de compresión simple y compresión triaxial permitiendo la caracterización de los materiales. Finalmente, para T1 se proponen cuatro obras de mitigación (saneamiento, colocación de geomalla, hidrosiembra y construcción de cunetas de coronación) y la auscultación del talud mediante monitoreo geodésico.

Este estudio generalmente favorece a la compresión a su vez en la gestión de riesgos vinculados con la estabilidad de taludes, tales como en áreas urbanas así también como en zonas montañosas.

Debido a que el análisis integral comprende la identificación de las zonas críticas, por lo general las medidas propuestas de reducción de riesgos de esta forma tienen la finalidad de poder prevenir deslizamientos; asimismo garantizando la seguridad de la población.

Tanto su metodología a la vez sus hallazgos pueden adaptarse al Análisis de la estabilidad del talud en la abscisa 64+000 de vía Guaranda Balsapamba, de la misma forma en que esto contribuye para una gestión eficiente ante la amenaza de deslizamiento en la zona de estudio.

En su investigación Cesar Villacis(2021) indica que en el ***ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE UNA EXTENSIÓN DE 260 METROS EN LA VIA PAPALLACTA BAEZA, SECTOR CUYUJA***. El talud se encuentra localizado en la vía Papallacta-Baeza sector Cuyuja, perteneciente al cantón Quijos, provincia de Napo, esta zona corresponde a una artesanía vehicular muy importante de intercambio entre la Sierra y la Amazonia ecuatoriana. Geológicamente la zona de estudio se encuentra ubicada en el terreno Salado que es parte de la Cordillera Real.

Los sondeos SPT y los ensayos de laboratorio permitieron la caracterización física y mecánica de los diferentes tipos de suelo que se encuentran dentro de un talud de estudio. Dentro de la clasificación de SUCS se diferenció (CL) caracterizado por la arcilla limo arenosa inorgánica de baja plasticidad y (SM) caracterizado por la arena limosa con grava, internamente el talud está compuesto por un esquisto micáceo.

El modelamiento del FS se lo realizó en el programa GEO5, tomando como referencia el método de Bishop simplificado, el mínimo FS que debe cumplir el talud en este estudio es de 1.5 para ser considerado como un talud estable. En las condiciones en las que se corresponde a los perfiles 1,2,3 se encuentra en un estado inminente de la falla, ya que los FS en esta zona son menores a 1.

Como medida de estabilización se planteó la construcción de bermas en los perfiles en donde el FS era menor a 1,5; se obtuvo resultados bastantes satisfactorios, provocando que el FS se eleve considerablemente y por consiguiente logrando la estabilidad del talud por completo.

El estudio tiene una valiosa información dado que aporta para proyecto de investigación Titulado Análisis de Estabilidad de Talud ubicado en la abscisa 64+000 ante la amenaza deslizamiento, de la misma forma este estudio se basa principalmente en un análisis detallado alrededor de un tramo específico de la vía. Ya que se identifica áreas de riesgo lo cual ayudan a la determinación de los factores condicionantes e incluso detonantes.

Cabe mencionar que los métodos además los resultados de esta investigación se pueden replicar en otros escenarios similares; lo cual nos permitirá en la evaluación y gestión proactiva de los riesgos de deslizamientos de tierra en áreas sensibles.

De acuerdo con los autores Prado Adan & Aguilar Juan(2020) en su proyecto titulado ***ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD QUE EN EL KM 176, DE LA CARRETERA NIC.7 EN EL MUNICIPIO DE SANTO TOMÁS, DEL DEPARTAMENTO CHONTALES***, tiene como finalidad, brindar medidas de mitigación en la mejora del tránsito, ya que esta, es una de las carreteras más transitadas de la zona debido a que, es la conexión directa entre distintos municipios y comunidades ganaderas, las cuales utilizan este medio para el transporte de sus productos lácteos y la realización de distintas actividades agrícolas para la subsistencia de sus hogares. En base al análisis realizado de estabilidad de taludes, se pretende brindar una solución al problema de dicha zona de estudio. Al principio de esta investigación se recopiló información de estudios previos, aunque la bibliografía era muy escasa en base a dicho lugar, agregando la falta de ensayos de laboratorios.

Como primer paso, se realizó el levantamiento topográfico a detalle, la toma de muestras para establecer la columna estratigráfica (del más antiguo al más joven), acompañados de la

geología (fallas, fracturas), más los ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas de las muestras de los suelos y rocas del talud. Posteriormente, se procedió a introducir los datos recopilados en campo y datos de los ensayos de laboratorio en el software SLIDE, como parte de los requerimientos necesarios para la elaboración de un modelo estable del talud. Con los factores de seguridad que presentó el programa, se elaboraron las soluciones alternas para la estabilidad del talud, tomando en cuenta las soluciones más factibles y económicas para la zona de estudio (Prado Adan & Aguilar Juan, 2020).

Según, autores como Bustillos Arequipa et al(2022) en su tesis titulada ***CARACTERIZACION DE LOS FENOMENOS DE REMOCION EN MASA (FMR) SIGCHOS-ECUADOR***, hace mención, a la caracterización de fenómenos de remoción en masa (FRM) desempeña un rol muy importante en el estudio de amenazas geológicas potenciales, debido a que generan daños económicos y sociales. Para la zonificación de amenazas por FRM en el cantón de Sigchos, se basó en metodologías semicuantitativas y semicualitativas según la metodología de Charlieg.

Este sistema se basa en la selección de varios parámetros:

1. Condicionantes, que son los que dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno y otros,
2. Desencadenantes, que pueden considerarse factores externos que provocan inestabilidades. Los factores condicionantes son el tipo de material, relieve, presencia de agua y vegetación; y los detonantes son el tipo de movimiento, el estado, la magnitud, la severidad y la estabilidad general del talud. Además de la caracterización de la erosión y el factor antrópico dentro de las observaciones de campo en cada deslizamiento observado. Para llevar a cabo el análisis de los parámetros antes mencionados se elaboró una ficha técnica, que permite registrar las características de cada Movimiento de Remoción en Masa (MRM) (Bustillos Arequipa et al., 2022).

Según autores como Pachay-Alonzo(2021) en el artículo denominado ***DETERMINACION DE ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA UTILIZANDO METODOLOGIA INSAR, ANALISIS MORFOMETRICO Y EL INDICE DE ESTABILIDAD (MOHR-COULOMB)***, menciona que el objetivo de esta investigación fue determinar las zonas susceptibles ante movimientos en masa en el campus de la Universidad Técnica de Manabí, utilizando tres métodos para mejorar los criterios de análisis de determinación de la estabilidad de los sitios previamente obtenidos. En primer lugar, se utilizó la metodología Insar (Radar interferométrico de apertura sintética), mediante la cual se determinaron las deformaciones del terreno en milímetros desde el 6 de noviembre del 2015 hasta el 22 de septiembre del 2020. Posteriormente, se incorporaron los parámetros morfométricos al análisis como son el Flujo de Acumulación (FCC), el Índice Topográfico de Humedad (TWI) y el factor de Longitud y Magnitud de la Pendiente (Factor LS). Luego, se insertó el Índice de Estabilidad (Mohr-Coulomb) para determinar el estado del talud adyacente al campus universitario. Finalmente, se establecieron relaciones entre las metodologías ya mencionadas y su efectividad en la determinación espacial de este tipo de susceptibilidad. Los resultados indicaron que las colinas y el sitio en que se encuentra campus universitario son altamente erosivos y propensos a movimientos en masa, por lo que se requiere elaborar estudios geológicos-geotécnicos-geofísicos a profundidad, especialmente en las zonas de mayor susceptibilidad para la posible toma de medidas de reducción de este tipo de peligro.(Pachay-Alonzo et al., 2021).

2.3. Científico (bases teóricas que fundamentan la investigación)

Bases teóricas

Deslizamiento: El deslizamiento puede deducirse como el colapso progresivo de material terrestre como rocas, tierra o escombros que pierde estabilidad y se desplaza ladera abajo por efecto de la gravedad. Este ocurre cuando su propio peso y la cohesión del suelo se

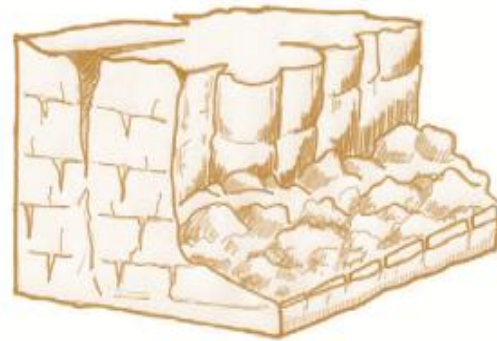
ven superada, generando un movimiento súbito o gradual de sedimentos o mezclas de tierra que se movilizan siguiendo la inclinación natural del relieve. Se trata de un proceso característico de zonas inestables, en el que la estructura del suelo, la inclinación de la pendiente y las condiciones ambientales actúan de manera conjunta, creando un delicado equilibrio que, bajo ciertas circunstancias termina por romperse y provocar el desprendimiento y posteriormente desplazamiento del material. Este fenómeno no solo depende de factores internos del terreno, sino que también se vea agravado por eventos externos como lluvias prolongadas y vibraciones sísmicas. (Lees, 2021).

Clasificación de la inestabilidad de laderas:

Derrumbes y caídas de bloques:

. Los derrumbes rocosos constituyen un tipo de movimiento de masa particularmente violento, caracterizado por la caída repentina y veloz de bloques de roca en condiciones secas, donde el material se traslada principalmente a través del aire, aunque también generan rebotes contra la pendiente y rodaduras que aceleran su avance. Este proceso se distingue por su alta energía cinética, lo que permite que los fragmentos alcancen distancias considerables de muy poco tiempo, representando uno de los fenómenos más impredecibles y peligrosos en zonas montañosas con fracturamiento rocoso importante. Estos fenómenos se originan comúnmente en acantilados o laderas empinadas con rocas fracturadas y alteradas, involucrando volúmenes que pueden alcanzar los 100,000 m³. Su principal característica es la imprevisibilidad, ya que raramente muestran señales de alerta previas o estas pasan desapercibidas (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 2. Derrumbes y caídas de bloques



Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Avalanchas de rocas / de detritos:

Las avalanchas rocosas son caídas repentinas y veloces de bloques de roca en seco, donde el material se transporta principalmente por el aire, con rebotes y rodadura adicionales. Este evento catastrófico ocurre instantáneamente y tiene alta recurrencia. Los volúmenes movilizados superan frecuentemente los 100,000 m³, alcanzando normalmente 1 o varios millones de metros cúbicos, con velocidades que exceden los 40 m/s (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Volcamiento o basculamiento:

Es el doblamiento de la parte superior de estratos rocosos afectados por disfunciones causadas por la gravedad o procesos técnicos distintivos que interactúan de forma progresiva. Existen dos tipos principales doblamiento plástico en rocas metamórficas y políticas junto con doblamiento rígido o basculamiento. Afecta principalmente formaciones sedimentarias y metamórficas con fuerte buzamiento siendo los esquistos y los más sensibles debido a sus planos de esquistosidad. Este fenómeno puede ocurrir en columnas de basalto hasta cientos de metros de profundidad donde se observan deformaciones notables. Se originan por deformación gradual de paquetes estratificados en direcciones de la pendiente mediante pivote de las cabezas de estratos con eje de rotación en la base del paquete rocoso. Generalmente evoluciona hacia

deslizamientos cuando se forma una superficie de ruptura a lo largo de la línea de doblamiento(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 3. Volcamiento o basculamiento



Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Reptación de suelos:

Es un desplazamiento extremadamente lento y casi imperceptible que afecta materiales poco consolidados de la cubierta edáfica, especialmente terrenos de cultivo, hasta aproximadamente 1 metro de profundidad. Este fenómeno es prácticamente invencible morfológicamente y solo se detecta en cortes o mediante signos indirectos que revelan su presencia. Sus velocidades oscilan entre pocos milímetros y un centímetro por año disminuyendo con la profundidad de manera gradual. En zonas tropicales húmedas con vegetación desarrollada las velocidades promedian de 1 a 2 mm cada año mientras que en el área semi-áridas con poca cubierta vegetal alcanzan de 5-10mm cada año. En climas tropicales está determinada principal por la granulometría que afecta la cohesión del suelo y las variaciones en la saturación del suelo. El mecanismo consiste en un movimiento cíclico pendiente abajo grano plano de material terroso de cohesión-media sobre pendientes de 20° o más. Sus efectos incluyen inclinación y grietas en muros y postes de cimentación poco profunda torceduras en troncos de árboles y discontinuidades en el manto vegetal inferior que comprometen la seguridad general.

Ilustración 4. Reptación de suelos



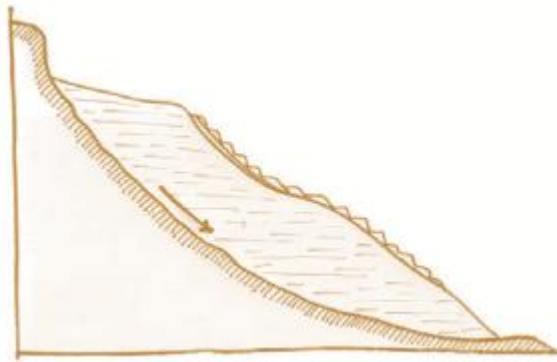
Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Deslizamientos:

Deslizamientos peliculares o superficiales:

Es una superficie de movimiento que el tras significativamente la estructura de suelo y genera cambios profundos en su comportamiento mecánico además son comunes en centroamérica, especialmente en laderas empinadas con cubiertas eluviales y reglíticas poco profundas utilizadas para agricultura de cultivos anuales y pastoreo extensivo, donde elección humana acelera su desarrollo. Sus características distintiva es la morfología de "cáscara de naranja" o " caminos de vaca" con ondulaciones pequeñas producto de pequeños deslizamientos rotacionales de 1 a 2 m de profundidad máxima, lo que crea un relieve característico y dinámico estas formas producen escalones que en el ganado y las personas utilizan evolucionando hacia patrones en rejilla o rombos que pueden desplomarse gradualmente formando gradas en las laderas las cuales luego desaparecen o son removidas abruptamente por nuevos eventos o intervenciones. Afectan horizontes terrosos, cubierta de suelo y depósitos eluviales-coluviales finos, principalmente en pendientes $\geq 20^\circ$ con profundidades de 1-2 metros. Involucran volúmenes pequeños de material y se mueven a velocidades promedio de 1-2 centímetros por año(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 5. Deslizamientos peculiares o superficiales

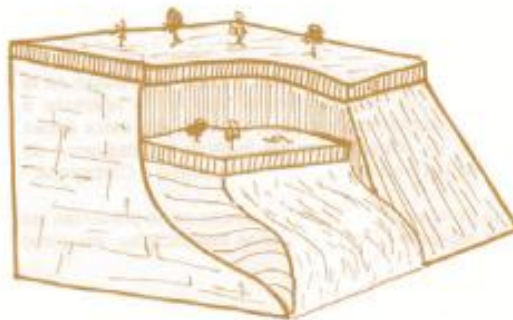


Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Deslizamientos rotacionales o circulares:

Es el movimiento relativamente lento de una masa de suelo, roca o ambos, sobre una superficie de ruptura circular que coincide con la de transporte. En su fase inicial hay poca distorsión de los materiales, pero progresivamente se dislocan y el mecanismo de inestabilidad se complejiza. Este fenómeno ocurre típicamente en terrenos muebles, homogéneos, isotrópicos y cohesivos. Su ocurrencia en estado puro es rara o efímera, pues rápidamente evoluciona hacia mecanismos combinados. Puede involucrar volúmenes pequeños o grandes de material, con velocidades de propagación muy variables (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 6. Deslizamientos rotacional o circulares

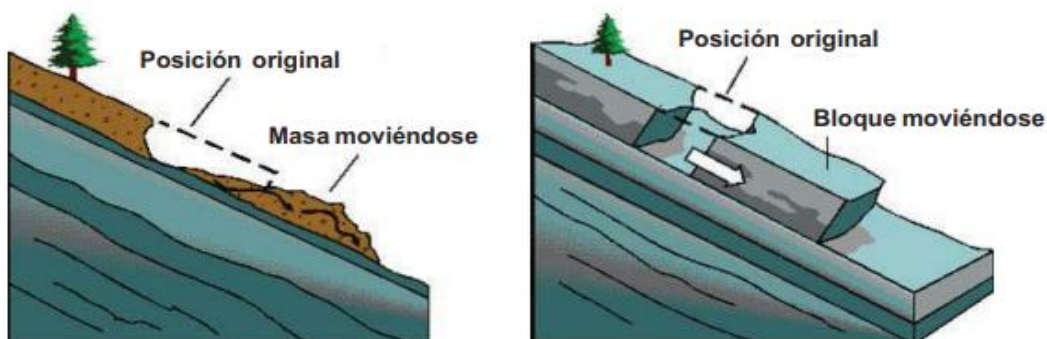


Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Deslizamientos traslacionales

Es el movimiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca sobre una superficie de deslizamiento plana. Se produce en zonas con superficies de discontinuidad, niveles poco competentes, bloques tabulares o paquetes de estratos dentro de estructuras de estratificación o esquistosidad conformes, sobre capas débiles o niveles alterados, y sobre planos de falla o diaclasas alineados con la pendiente. Afecta material rocoso estratificado o diaclasado que forma placas cuyos bases pierden soporte por erosión natural o cortes artificiales en taludes (siendo el problema geodinámico más comúnmente provocado por actividad humana al realizar cortes para carreteras, canales, etc.). Puede involucrar volúmenes pequeños o grandes de material, con velocidades de propagación muy variables (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005) .

Ilustración 7. Deslizamientos traslacionales



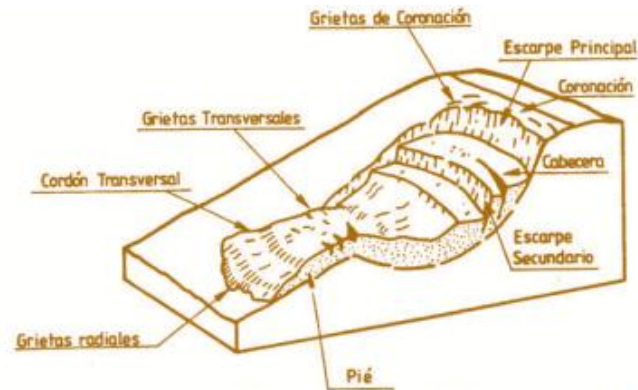
Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Deslizamientos complejos:

Se caracterizan por ser movimientos de masa que presentan mecanismos combinados fruto de una larga evolución milenaria. Son deslizamientos de gran escala con evolución muy lenta y episodios periódicos de aceleración, considerándose permanentes y regidos por esfuerzos residuales tras la ruptura. Pueden cubrir varios kilómetros cuadrados, involucrar

cientos o miles de millones de metros cúbicos de material y alcanzar profundidades de cientos de metros (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 8. Deslizamientos complejos

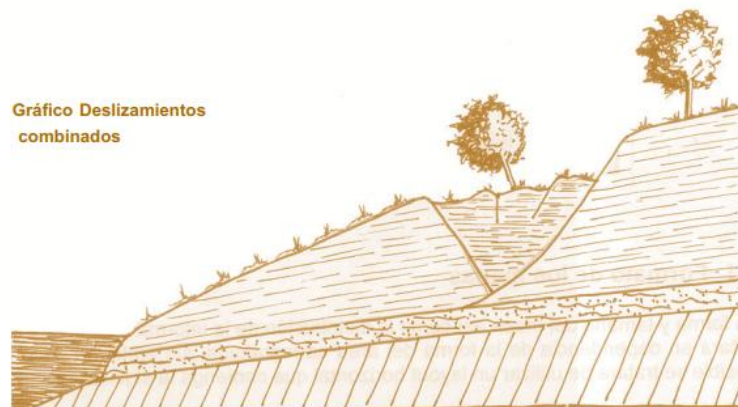


Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Deslizamientos compuestos:

Cuando una ladera en movimiento incorpora varios mecanismos de movilización de materiales en distintas zonas de la masa desplazada (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 9. Deslizamientos compuestos



Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Coladas o flujos

Los flujos son masas de material sin cohesión que se comportan como fluido viscoso al superar su límite líquido. Pueden formarse en materiales poco consolidados, incluso en niveles superiores de roca alterada o intemperizada, especialmente en rocas pelíticas y esquistosas descompuestas, desplazándose grandes distancias. Son fenómenos principalmente estacionales,

frecuentes en temporada de lluvias, aunque también ocurren por rotura de conductos de agua, depósitos hidráulicos, aceleración de deslizamientos, trastornos hidrogeológicos o sacudida sísmica (licuación de arenas) (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

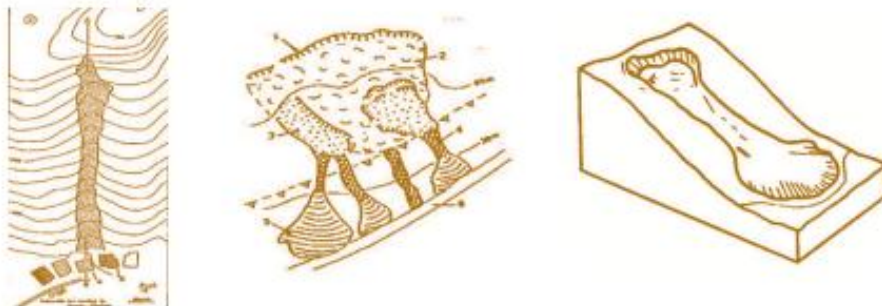
Según el material movilizado, existen tres tipos:

Flujo de lodo (Mud Flow): Involucra material fino con alto contenido de limos y arcillas. Las velocidades varían según la pendiente y cantidad de agua(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Flujo de tierra (Earth Flow): Presenta grandes volúmenes de material terroso (<2 mm de diámetro) predominando sobre limos y arcillas, formando lenguas o grandes lóbulos. Velocidades medias: cm-dm/año a cm-m/día (no homogéneas en toda la colada)(Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Flujo de detritos (Debris Flow): Involucra volúmenes medianos a grandes hasta 10,000 m³ de material grueso de diferentes diámetros incluyendo bloques rocosos de rubios y roca descompuesta que genera trazas lineales bien definidas con forma de corredor alargado y embudos o como divergentes en extremos conectados usualmente con la red de drenaje que van de velocidades rápidas a muy rápidas (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Ilustración 10. Coladas o flujos



Nota: Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales (2005).

Elementos de un deslizamiento:

Corona: corresponde al sector superior del talud, contiguo al escarpe principal, donde el terreno permanece en su posición original sin evidencias de desplazamiento(Alcántara, 1999).

Escarpe principal: es la pared abrupta que se forma en la parte alta de la ladera como resultado directo del movimiento del terreno (Alcántara, 1999).

Superficie de falla: Es el plano interno por el cual se desplaza la masa del terreno, actuando como la frontera que separa el material que perdió su posición original del que permaneció estable (Alcántara, 1999).

Zona de acumulación: Corresponde al sector donde el material movilizado se deposita una vez concluido el movimiento, formando un volumen que se apoya sobre la superficie inicial del terreno(Alcántara, 1999).

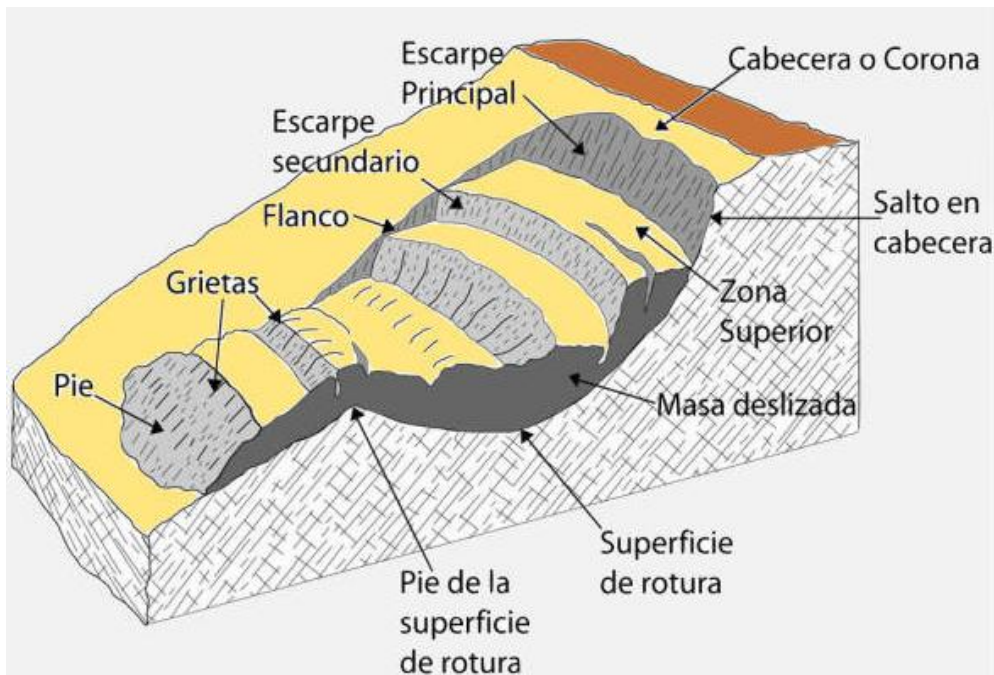
Cima: Es el punto más elevado del talud, desde donde se inicia la geometría del perfil y que marca el límite superior previo al proceso de inestabilidad.

Escarpe menor: Es una ruptura secundaria que aparece dentro del material movilizado, evidenciando pequeños desplazamientos adicionales que no alteran la estructura principal del movimiento (Alcántara, 1999).

Cuerpo principal: Constituye la mayor parte del material que se movilizó durante el deslizamiento, extendiéndose desde la zona superior del movimiento hasta las porciones cercanas al pie (Alcántara, 1999).

Acumulación: el volumen del material desplazado que yace sobre la superficie original del terreno(Maldonado, 2022).

Ilustración 11. Elementos de un deslizamiento



Nota: Elementos de un deslizamiento

Talud

Es una superficie o muro que presenta una inclinación respecto a la horizontal, la cual puede mantenerse de forma temporal o permanente. Estas pendientes están formadas por el terreno y los materiales que lo componen, como roca o suelo compactado, y suelen tener dos partes principales: la cresta, que es la parte superior, y el pie, que corresponde a la parte inferior. Los taludes son comunes en distintos contextos, como en la construcción de carreteras o minería, donde se requiere una superficie estable y plana. Su estabilidad está muy influenciada por el ángulo de inclinación; Por lo general, un ángulo cercano a los 45 grados favorece que el talud mantenga su equilibrio y reduzca el riesgo de deslizamientos (vestaliablog, 2022).

Existen diferentes tipos de taludes:

Talud natural: Se encuentra formado mediante la acción geológica.

Talud artificial: Es un talud que ha necesitado de la intervención del hombre.

Características intrínsecas que influyen en la estabilidad del talud:

Geometría del talud: La geometría del talud se define como la configuración y la forma de la misma pendiente y se comprende de los siguientes elementos: la inclinación, la altura y la longitud, juega un papel fundamental en su estabilidad (Gómez et al., 2024)

Geología – Litología

La parroquia Balsapamba tiene una geología - Litología caracterizada por formaciones sedimentarias, volcánicas y metamórficas ya que se encuentran en la cordillera de los Andes, dentro de la región interandina dándonos una variedad de rocas y estructuras geológicas(PDOT_BALSAPAMBA, 2024).

Las formaciones geológicas de la parroquia se clasifican:

Rocas sedimentarias: se encuentran en forma de lutitas, areniscas y conglomerados asociadas a depósitos antiguos tales como marinos o fluviales.

Rocas volcánicas: Existen presencia de tobas, basaltos y andesitas debido a la actividad volcánica de los andes.

Rocas metamórficas: Podemos encontrar esquistos y gneises.

Propiedades Geotécnicas del suelo:

Son características esenciales de los suelos y rocas que determinan su comportamiento bajo condiciones de carga y estabilidad donde incluye ensayos como: granulometría, cohesión, ángulo de fricción, índice de plasticidad, peso unitario (Lily & Gabriel, 2024).

Tabla 1. Propiedades geotécnicas

Ensayos	Descripción:
Granulometría	Distribución y tamaño de partículas
Cohesión	Determina como las partículas de suele se mantienen unidas
Angulo fricción	Mide la resistencia al corte
Humedad	Relación entre el peso del agua y el peso de los solidos
Peso Unitario	Representa el peso del material

Nota: Ensayos de Suelos

Factores desencadenantes de los deslizamientos:

Son aquellos factores que causan o detonan la inestabilidad de un talud:

Precipitación: Es la cantidad y frecuencia de agua que cae desde la atmosfera hacia la superficie terrestre (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Sismicidad: Son movimientos que se originan en el interior de la tierra al igual que se producen por disturbios tectónicos o volcánicos y esto libera una repentina energía que se propaga en forma de ondas provocando el movimiento del terreno (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, 2005).

Factor de Seguridad:

El factor de seguridad constituye un parámetro fundamental dentro del análisis estructural, ya que permite estimar cuánta resistencia posee un componente frente a las solicitaciones que deberá soportar. Este valor se determina al relacionar la capacidad máxima del material con las cargas efectivas que actuaran sobre él durante su funcionamiento habitual (Longa, 2023).

Se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Carga máxima que puede soportar}}{\text{Carga real que recibirá}}$$

Un valor del factor de seguridad $> 1,5$ implica que el componente tiene suficiente resistencia para funcionar sin fallos, mientras que un valor $< 1,5$ sugiere que el componente podría no ser seguro y resultar en una falla (Longa, 2023).

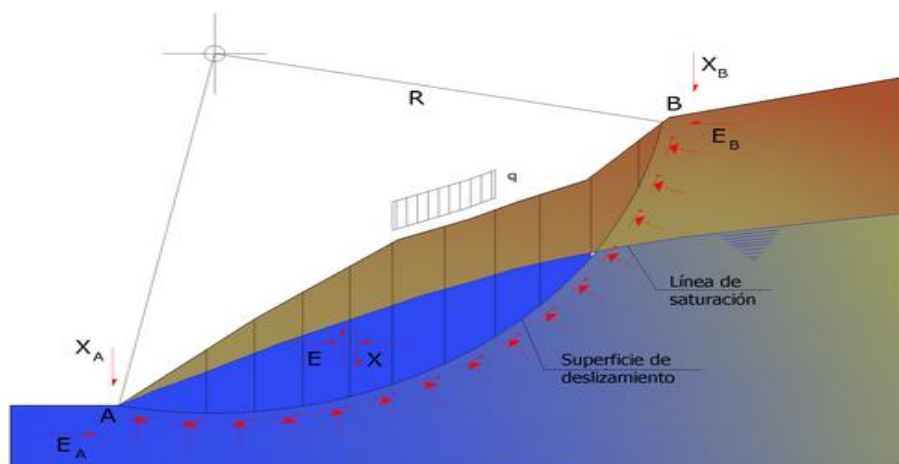
Métodos de equilibrio límite al analizar la estabilidad de una pendiente

Método del equilibrio límite (LEM):

El método del equilibrio límite se basa en analizar las condiciones de estabilidad de una masa de terreno delimitada por una posible trayectoria de falla, la cual puede adoptar distintas geometrías, como trazos rectos, arcos circulares o curvas más complejas. A partir de este análisis se determinan los esfuerzos cortantes que actúan a lo largo de dicha superficie y se contrastan con la capacidad resistente que ofrece el suelo, estimada conforme al criterio de falla propuesto por Coulomb. De esta confrontación surge una primera valoración del nivel de estabilidad, expresada mediante un coeficiente de seguridad (Catanzariti, 2016).

$$F = \tau_f / \tau$$

Ilustración 12. Modelo del método de equilibrio



Nota: Métodos para analizar la estabilidad de una pendiente

Método de las rebanadas:

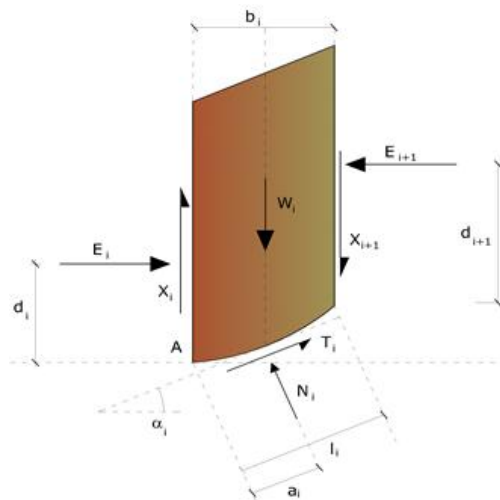
El procedimiento basado en rebanadas consiste en fraccionar el talud en segmentos verticales, permitiendo examinar cada porción de manera individual con el fin de determinar las fuerzas y momentos que intervienen en su comportamiento. Esta forma de análisis resulta especialmente conveniente cuando el talud presenta variaciones internas, tanto en la composición como en las propiedades de sus estratos. (EGC Consulting, 2025)

Cuando el talud se divide en n rebanadas, el análisis incorpora varias incógnitas asociadas a las fuerzas que actúan en cada segmento. Para cada rebanada se deben determinar n fuerzas normales N_i su base y n fuerzas cortantes T_i que actúan en la misma superficie. Además, entre rebanadas aparecen $(n - 1)$ fuerzas normales E_i y $(n - 1)$ fuerzas tangenciales X_i junto con las coordenadas de los puntos donde se aplican estas interacciones. A ello se suma el valor del factor de seguridad, que constituye la incógnita global del sistema. En conjunto, el número total de variables asciende a $(6n - 2)$ (EGC Consulting, 2025).

Por otro lado, el problema solo dispone de $4n$ ecuaciones independientes, provenientes del equilibrio de momentos, del equilibrio vertical, del equilibrio horizontal y del criterio de resistencia considerado. Esta diferencia provoca que el sistema sea estáticamente indeterminado, con un grado de indeterminación igual a $2n - 2$ (EGC Consulting, 2025).

Este valor puede reducirse a $(n - 2)$ si se adopta la suposición de que la fuerza normal N_i actúa en el centro de la base de cada rebanada, lo que equivale a asumir una distribución uniforme de tensiones normales. Los distintos métodos basados en el equilibrio límite se distinguen precisamente por la forma en que resuelven estas $(n - 2)$ indeterminaciones adicionales (EGC Consulting, 2025).

Ilustración 13. Modelo de las rebanadas



Nota: Métodos para analizar la estabilidad de una pendiente

Método de fellenius:

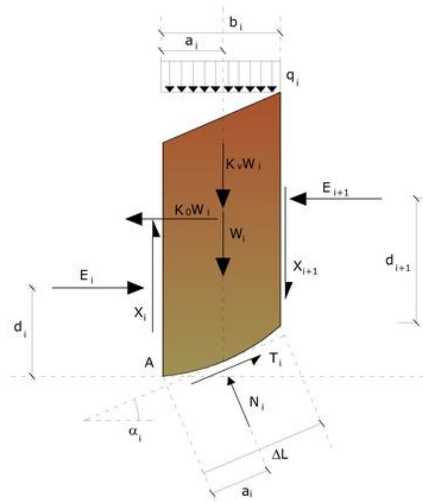
En este procedimiento, aplicable únicamente cuando la superficie de falla tiene forma circular, se omiten las fuerzas que actúan entre las franjas. Al hacer esto, el número de incógnitas disminuye a las fuerzas normales N_i y las fuerzas cortantes T_i en cada rebanada, además del valor del factor de seguridad. En total, el sistema queda definido por $(2n + 1)$ variables. Para resolverlo se utilizan n ecuaciones de equilibrio vertical, n relaciones basadas en el criterio de resistencia y una ecuación de equilibrio global de momentos.

El factor de seguridad puede expresarse como:

$$F = \frac{\sum_i [c_i l_i + (W_i \cos \alpha_i - c_i l_i) \tan \phi_i]}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

Esta formulación resulta sencilla de aplicar, suele proporcionar valores conservadores, particularmente en situaciones donde la superficie de deslizamiento es muy profunda (Catanzariti, 2016).

Ilustración 14. Modelo del método de fellenius



Nota: Métodos para analizar la estabilidad de una pendiente

Método de Bishop (1955)

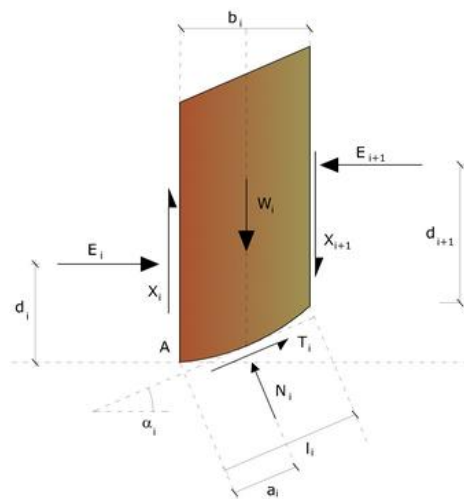
Este método considera la totalidad de las fuerzas que actúan sobre cada uno de los bloques del talud y fue el primero en señalar las limitaciones presentes en los enfoques tradicionales. Para resolver el problema se emplean las ecuaciones de equilibrio vertical, el equilibrio de momentos respecto a un punto y la condición de resistencia del suelo.

El factor de seguridad puede expresarse mediante la siguiente relación:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{cb_i + (w_i - u_i) \tan \phi}{\cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \tan \phi}{FS} \right)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

Los valores de F y ΔX_i que satisfacen esta expresión permiten obtener una solución precisa del sistema. Como aproximación inicial, es habitual asumir $\Delta X = 0$ y realizar iteraciones sucesivas para determinar el factor de seguridad. Este procedimiento corresponde al método ordinario de Bishop, cuyas diferencias con el análisis completo suelen ser cercanas al 1 % (Catanzariti, 2016).

Figura 13. Modelo del método Bishop



Nota: Métodos para analizar la estabilidad de una pendiente

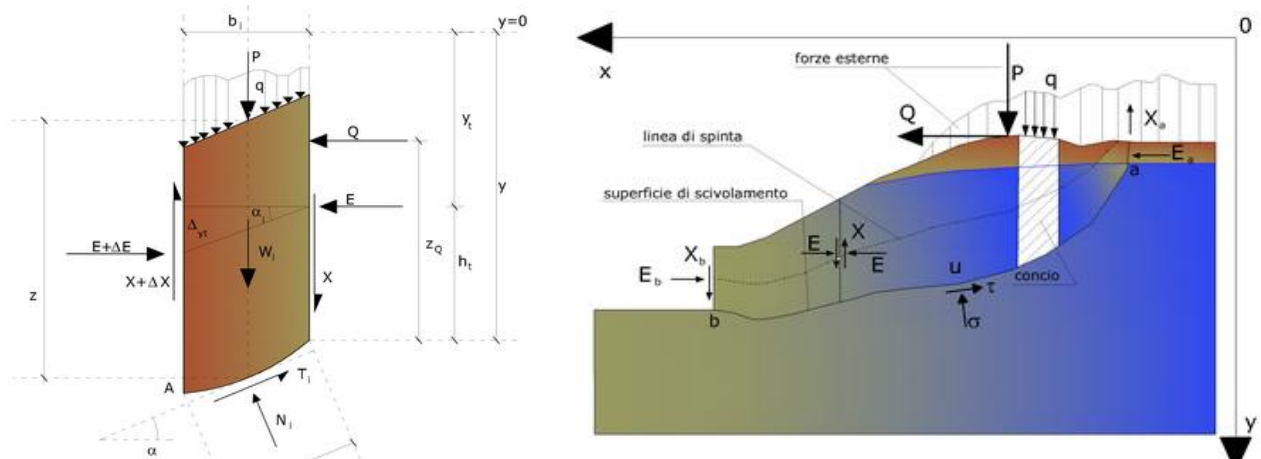
Método de Janbu (1967)

Janbu amplió el alcance del método propuesto por Bishop, permitiendo aplicarlo a superficies de deslizamiento con geometrías distintas a la circular. En estos casos, el brazo de las fuerzas deja de ser constante a diferencia de las superficies circulares donde coincide con el radio, por lo que resulta más adecuado evaluar la ecuación de momentos considerando el ángulo particular de cada bloque (Catanzariti, 2016)..

Bajo este enfoque, el factor de seguridad puede expresarse como:

$$F = \frac{\sum_i [c_i l_i + (W_i - u_i b_i + \Delta X_i) \tan \phi_i] [\sec^2 \alpha_i / (1 + \tan \alpha_i \tan \phi_i / F)]}{\sum_i W_i \tan \alpha_i}$$

Ilustración 15. Modelo del método de Janbu



Nota: Métodos para analizar la estabilidad de una pendiente

Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Janbu y representación de la totalidad de la masa

En el análisis de la rebanada i bajo las premisas planteadas por Janbu, y considerando el comportamiento del conjunto de la masa inestable, al fijar $\Delta X_i = 0$ se recurre al procedimiento ordinario. Además, Janbu desarrolló una corrección para el factor de seguridad obtenido mediante este método, expresada como:

$$F_{\text{corregido}} = f_0 * F$$

El coeficiente f_0 depende tanto de la configuración geométrica del talud como de las propiedades geotécnicas del suelo, y su valor se obtiene mediante tablas o diagramas especializados. Esta corrección ofrece resultados especialmente precisos cuando se evalúan taludes de baja pendiente (Catanzariti, 2016)

Medidas de prevención y mitigación frente a deslizamientos

Las medidas de prevención y mitigación frente a deslizamientos comprenden un conjunto de acciones estructurales y no estructurales orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa y minimizar sus defectos sobre la infraestructura vial, los usuarios y el entorno la sesión de estas medidas depende de las características geométricas geológicas y geotécnicas del talud, así como los factores desencadenantes que influyen en su estabilidad (Permanent International Association of Road Congresses, 2023).

Medidas estructurales:

Las medidas estructurales corresponden a intervenciones físicas ejecutadas sobre la salud con el objetivo de mejorar sus condiciones de estabilidad y disminuir la susceptibilidad ante procesos de deslizamiento. Entre las más principales medidas se encuentran la construcción de sistemas de drenaje superficial y subsuperficial para controlar la infiltración de agua, las cunetas de coronación para interceptar la escorrentía, el reperfilado del talud para reducir la inclinación de la pendiente, la conformación de firmas de estabilización y la implementación de obras de contención, tales como muros de gravedad, muros de gaviones o estructuras de suelo reforzado (Permanent International Association of Road Congresses, 2023).

Medidas no estructurales:

Están orientadas a la gestión preventiva del riesgo mediante actividades de monitoreo, control y mantenimiento. Entre ellos incluyen las inspecciones periódicas del talud para identificar grietas, deformaciones o evidencias de inestabilidad, el monitoreo de las precipitaciones y de las condiciones del terreno durante eventos lluviosos de fuerte intensidad,

el mantenimiento de las obras de drenaje para garantizar su funcionamiento adecuado y la implementación de señalización preventiva en sectores susceptibles a movimientos en masa (Permanent International Association of Road Congresses, 2023).

2.4. Marco Legal

2.4.1. *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA*

La Constitución de la República del Ecuador(2008), en la sección novena Gestión de riesgos:

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.

5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

Art 390.- Los riesgos se gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.4.2. *LEY ORGÁNICA DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*

Según el Art. 11.- De los órganos ejecutores. - Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos, conforme lo siguiente:

d) De la gestión de riesgos. La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos(Asamblea Nacional, 2009).

2.4.3. *LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL USO Y GESTIÓN DEL SUELO (LOOTUGS).*

La Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión del Suelo (2016),redacta:

Art. 11.- Alcance del componente de ordenamiento territorial. - Además de lo previsto en el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas y otras disposiciones legales, la planificación del ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados observarán, en el marco de sus competencias, los siguientes criterios:

3. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales y metropolitanos, de acuerdo con lo determinado en esta Ley, clasificarán todo el suelo cantonal o distrital, en urbano y rural y definirán el uso y la gestión del suelo. Además, identificarán los riesgos naturales y antrópicos de ámbito cantonal o distrital, fomentarán la calidad ambiental, la seguridad, la cohesión social y la accesibilidad del medio urbano y rural, y establecerán las debidas garantías para la movilidad y el acceso a los servicios básicos y a los espacios públicos de toda la población (Asamblea Nacional del Ecuador, 2016).

2.4.4. *LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA DE CONTRATACIÓN PÚBLICA*

Art. 6.- Definiciones.

31. **Situaciones de Emergencia:** son aquellas generadas por acontecimientos graves tales como accidentes, terremoto, inundaciones, sequías, grave conmoción interna, inminente agresión externa, guerra internacional, catástrofes naturales, y otras que provengan de fuerza mayor o caso fortuito, a nivel nacional, sectorial o institucional. Una situación de emergencia es concreta, inmediata, imprevista, probada y objetiva (Servicio Nacional de Contratación Pública, 2018).

2.4.5. *LEY ORGÁNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RIESGO DE DESASTRES*

Art. 5.-Definiciones

En el literal número 26. Medidas estructurales: Comprende toda construcción material o la aplicación de técnicas de ingeniería con el objetivo de reducir o evitar el posible impacto de las amenazas y lograr la resistencia y resiliencia en estructuras o sistemas (Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, 2024).

Según el Art. 6.-Procesos de la gestión integral del riesgo de desastres. -Los procesos de la gestión integral del riesgo de desastres son los siguientes:

2. Prevención del riesgo de desastres. -Está orientado a evitar el riesgo de desastres para lo cual se intervendrá sobre la amenaza, la vulnerabilidad, las capacidades y el nivel de exposición.

3. Mitigación. -Está orientado a contrarrestar y minimizar los efectos e impactos negativos del riesgo de desastres.

2.4.6. *CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMÍA Y DESCENTRALIZACIÓN*

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia,

para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley (COOTAD, 2010).

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial.

2.5. Conceptual:

Riesgos de Desastres: Puede entenderse como la probabilidad de que un evento peligroso provoque pérdidas humanas, afectaciones a la salud o daños materiales dentro de un territorio y durante un intervalo de tiempo determinado. Esta condición surge de la interacción entre la amenaza existente, la presencia y características de los elementos expuestos, el nivel de vulnerabilidad que presentan y la capacidad que posee la comunidad para anticipar, resistir y recuperarse (UNISDR et al., 2016).

Gestión de desastres: Se centra en crear y aplicar planes de preparación al igual que organizar, planificación de medidas de preparación, respuesta y recuperación y de otro tipo para poder reducir el impacto de los desastres en caso de que existiera algún desastres ya sea de origen natural o antrópico (UNISDR et al., 2016).

Vulnerabilidad: Es la condición que se determina por factores y procesos sociales, económicos y ambientales que interactúan de manera compleja, aumentando las sus actividades de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de la amenaza, especialmente cuando existe una limitada capacidad de respuesta y adaptación ante eventos adversos (UNISDR et al., 2016).

Resiliencia: Es la capacidad de respuesta que tiene una comunidad, personas o una sociedad al resistir, adaptarse, recuperarse y transformarse en caso de los efectos negativos de una amenaza mediante la perseverancia y la restauración (UNISDR et al., 2016)

Capacidad: Combinación de los recursos disponible conjuntamente con las fortalezas que tienen dentro de una organización o sociedad que pueden utilizar para gestionar y reducir los riesgos y reforzar la resiliencia (UNISDR et al., 2016).

Amenaza: Fenómeno, proceso o actividad humana que ocasiona muertes u otros efectos negativos en la salud, bienes, economía y daños ambientales donde las amenazas son de origen natural, antropogénicos. Amenaza Natural: Está asociada a los procesos y fenómenos naturales. Amenaza Antropogénica: son de origen humano predominada a las actividades humanas (UNISDR et al., 2016).

Prevención: Son las actividades o medidas que pretenden reducir la vulnerabilidad y la exposición en el cual se pretende evitar los riesgos de desastres existente y nuevos (UNISDR et al., 2016).

Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso que impacta comunidades y entornos vulnerables (Ocles Maria, 2018).

Exposición: Situación en la que se encuentran las personas, infraestructuras, viviendas, actividades humanas que se encuentran expuestas a amenazas (Ocles Maria, 2018).

Pendiente: Es la medida de la inclinación del talud o ladera, un parámetro fundamental que define su geometría y comportamiento. Puede medirse en grados, en porcentajes o en relación de $m/1$, en cuál m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical, permitiendo una mejor comprensión de su estabilidad y los riesgos asociados bajo diferentes condiciones (Non-Commercial, 2023).

Factor de seguridad: Dentro del contexto de estabilidad de talud se concluye que contienen valores de la relación entre la resistencia disponible del terreno y las solicitaciones

que podrían provocar su falla, por lo que este coeficiente tiene como propósito asegurar que el talud mantenga un margen suficiente frente a la incertidumbre propia de las condiciones geotécnicas y de las cargas actuantes. A medida que el factor de seguridad aumenta se requiere incorporar más intervenciones técnicas para garantizar la estabilidad lo que también eleva los costos del proyecto, por ello en esencia este parámetro representa el equilibrio que debe alcanzar entre la seguridad estructural y la viabilidad económica del diseño (Amador, 2019).

Medidas de reducción: Es la restauración de la infraestructura física y los sistemas sociales junto con la revitalización de los medios de vida la economía y el medio ambiente tras eventos adversos (UNISDR et al., 2016).

Factores condicionantes: También conocido como factores pasivos que son intrínsecos a los materiales naturales (Zulluaga, 2016).

Factores desencadenantes: Son factores activos relacionados a los factores externos que actúan sobre los suelos modificando sus características (Zulluaga, 2016).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación:

El presente proyecto de investigación titulado Análisis de estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 en la vía Guaranda – Balsapamba ante deslizamiento. Posee un nivel de investigación bibliográfica, descriptiva, de campo y aplicada.

Bibliográfica: se utilizó esta investigación porque se sustenta en diferentes fundamentos teóricos debidamente referidos, los cuales fueron obtenidos de distintas fuentes de información científica, brindando con ello mayor veracidad y probabilidad académica al estudio.

Descriptiva: Se empleó este tipo de investigación, porque describe las características intrínsecas como la geometría del talud, al igual que los factores detonantes asociados a la actividad sísmica y las precipitaciones frente al deslizamiento.

De campo: se realizó la salida de campo para realizar el levantamiento topográfico y extraer una muestra de suelo directamente de la zona de estudio, con el fin de obtener información verídica.

Aplicada: debido a los resultados obtenidos se verán como base para la formulación de medidas de prevención y mitigación orientadas a mejorar la estabilidad del talud y reduciendo el riesgo de deslizamiento en la zona de estudio.

3.2. Enfoque de la investigación:

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto al integrar procedimientos cualitativos y cuantitativos, que permiten analizar la estabilidad del talud desde diferentes perspectivas. El componente cuantitativo se fundamenta en la obtención y análisis de propiedades geotécnicas del terreno tales como el peso unitario, ángulo de fricción, cohesión y el peso unitario saturado, los cuales serán utilizados para el cálculo del factor de seguridad, lo cual determinará el comportamiento del talud. Por su parte, el componente cualitativo se basa en la observación directa del área de estudio, reconocimiento de las características intrínsecas, identificadas mediante el trabajo de campo (Hernández et al., 2020)

3.3. Diseño de investigación

No experimental

El diseño es no experimental, debido a que no se manipulan las variables de estudio, sino que se observan las condiciones del talud en su estado natural en un momento determinado del tiempo

3.4. Métodos de investigación:

Método Deductivo

Proceso que va de lo general a lo particular, método que se utilizó para analizar las condiciones específicas del talud a partir de fundamentos teóricos de la mecánica de suelos. A partir de estos conocimientos generales se interpretaron las características intrínsecas del talud, comprendidas por su geometría, geología, litología y propiedades geotécnicas con la finalidad

de analizar su influencia en la estabilidad del terreno y determinar su comportamiento frente a la ocurrencia de deslizamientos mediante el cálculo del factor de seguridad.

Método Analítico

Se empleó este método para estudiar de manera individual los factores que influyen en la estabilidad del talud posteriormente, toda la información recopilada mediante el levantamiento fotogramétrico con dron, los perfiles topográficos y los ensayos de laboratorio fue integrada para realizar el análisis de estabilidad y calcular el factor de seguridad del talud, los resultados obtenidos permitirán, proponer medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento.

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Técnicas

Observación directa campo

Levantamiento fotogramétrico

Ensayo de laboratorio

Instrumentos

Cámara

Dron

3.6. Universo, Población y Muestra

Área de estudio abscisa 64+000

3.7. Técnicas de análisis y procesamiento de la información

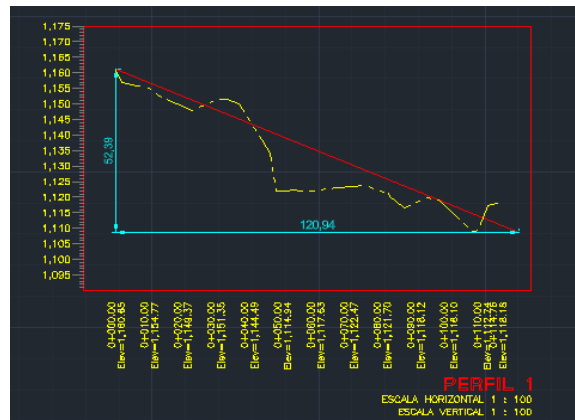
3.7.1. *Objetivo 1.*

Para la caracterización geométrica del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba, se realizó una salida de campo con el docente del área y estudiantes de la Universidad de Guayaquil, donde se efectuó la toma de muestras de suelo y el levantamiento fotogramétrico mediante dron. Las imágenes obtenidas fueron procesadas en Agisoft Metashape, iniciando con su importación y la configuración del sistema de referencia en WGS 84 / UTM Zona 17S (EPSG:32717), para luego realizar la alineación de fotografías con alta precisión que permitió la generación de puntos comunes entre imágenes y la reconstrucción tridimensional del terreno. A partir de este proceso se obtuvieron curvas de nivel, el Modelo Digital de Terreno (MDT) y una ortofoto georreferenciada de alta resolución, productos que fueron utilizados en AutoCAD para la elaboración de perfiles detallados del talud, mediante los cuales se determinaron parámetros geométricos clave como la elevación de la cresta, elevación del pie del talud, altura total, distancia horizontal, pendiente promedio y ángulo de inclinación.

En el perfil 1 se identificaron los puntos correspondientes a la cresta y al pie del talud, donde la cresta, se localizó en la parte superior de la ladera registrando una elevación de 1160 m.s.n.m., mientras que el pie del talud se identificó en la zona inferior con una elevación de 1109 m.s.n.m. Estos valores fueron extraídos directamente del perfil topográfico generado en el software, permitiendo una representación precisa de la geometría real del talud y facilitando el posterior análisis de estabilidad.

Perfil 1:

Ilustración 16. Perfil 1. Geometría del talud



Nota: Elaboración Propia (2026).

La altura del talud corresponde al desnivel vertical existente entre la cresta y el pie de la ladera. Este valor se obtuvo a partir del perfil longitudinal identificando las elevaciones de los puntos extremos del talud y midiendo la diferencia vertical entre ellos donde su altura es 52,39 m

La pendiente se determina mediante la siguiente fórmula:

$$p = \frac{\text{Diferencia de altura vertical}}{\text{Distancia Horizontal}} * 100$$

$$p = \frac{52,39}{120,94} * 100$$

$$p = 43,33\%$$

El ángulo de inclinación:

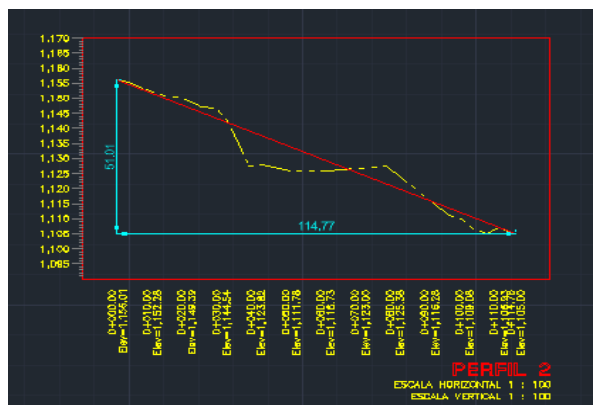
$$\theta = \tan^{-1} \frac{\text{Diferencia de altura vertical}}{\text{Distancia Horizontal}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{52,39}{120,94} \right)$$

$$\theta = 23.42$$

Perfil 2:

Ilustración 17. Perfil 2. Geometría del talud



Nota: Elaboración Propia (2026).

En el perfil 2, se identificaron la cresta en la parte superior de la ladera, registrando una elevación de 1156 m.s.n.m., mientras que el pie del talud se identificó en la zona inferior con una elevación de 1105,51 m.s.n.m. Estos valores fueron extraídos directamente del perfil topográfico generado en el software.

La altura del talud corresponde al desnivel vertical existente entre la cresta y el pie de la ladera el cual es 51,01 m

la pendiente se determina mediante la siguiente formula:

$$p = \frac{\text{Diferencia de altura vertical}}{\text{Distancia Horizontal}} * 100$$

$$p = \frac{51,01}{114,77} * 100$$

$$p = 44,44\%$$

El ángulo de inclinación:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\text{Diferencia de altura vertical}}{\text{Distancia Horizontal}}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{51,01}{114,77} \right)$$

$$\theta = 23,95$$

Una vez obtenido el valor de la pendiente, la técnica se determinó el nivel de amenaza para ello se adoptaron los criterios y valores del método de Mora Y Vahrson de 1992, los cuales se encuentran oficialmente normalizados por la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador donde la clasificación de pendientes se estableció en seis categorías. La primera corresponde a pendientes muy suaves, comprendidas entre 2 % y 5 %; la segunda categoría agrupa las pendientes suaves, con valores entre 5 % y 12 %; la tercera clase corresponde a pendientes de intensidad media, con rangos entre 12 % y 25 %; la cuarta categoría comprende las pendientes media a fuerte, con valores entre 25 % y 40 %; la quinta clase agrupa las pendientes fuertes, que varían entre 40 % y 70 %; y, finalmente, la sexta categoría corresponde a pendientes muy fuertes, con inclinaciones comprendidas entre 70 % y 100 %. Adicionalmente, se considera la categoría No aplicable para aquellas áreas en las que no es posible determinar un porcentaje de pendiente.

Para la caracterización geológica y litológica del área de estudio, recurrimos a fuentes bibliográficas y documentales disponibles, sobre el cual no se dispone de cartografía geológica específica. Mediante investigaciones previas, estudios geológicos regionales y publicaciones técnicas relacionadas con el corredor vial Guaranda–Balsapamba y su entorno geológico, logramos identificar las formaciones geológicas predominantes en la zona, determinar el tipo de material litológico presente en el talud y reconocer las características estructurales del macizo que condicionan su comportamiento frente a procesos de inestabilidad. Esta información nos permitió establecer el contexto geológico del talud y determinar los factores litológicos que actúan como características intrínsecas en su susceptibilidad al deslizamiento, destacando especialmente como la composición y estructura de las rocas influyen directamente en la estabilidad general del terreno bajo diferentes condiciones ambientales.

La caracterización de las propiedades geotécnicas se fundamenta en los ensayos de laboratorio realizado y proporcionados por estudiantes de la universidad de Guayaquil sobre las

muestras recolectadas durante la salida de campo, donde los informes entregados incluyen los receptores completos de cada prueba con sus respectivos límites cálculos y gráficos. Estos abarcan los ensayos de granulometría límite de Atterberg, corte directo en condición natural corte directo saturado y compresión triaxial, permitiendo una comprensión integral del comportamiento del suelo ante diferentes condiciones de carga y saturación. De estos ensayos extrajimos los parámetros de clasificación del suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y también realizamos el cálculo del índice de liquidez lo cual, nos permite determinar el grado de plasticidad de un suelo y evaluar su comportamiento frente a cambios en el contenido de humedad.

Tabla 2. Clasificación del suelo (SUCS)

Suelos de textura gruesa (más de 50% retenido en la malla #200)	Símbolo	Clasificación	Suelos de textura fina (más de 50% pasa la malla #200)	Símbolo	Clasificación
Gravas: más de 50% de gruesos retenidos en la malla #4 (menos de 5% finos)	GW	Grava limpia, bien graduada	LL < 50% Arcilla: IP arriba de la línea A Suelo	ML	Limo de baja plasticidad
	GP	Grava limpia, mal graduada	Orgánico y Limo: IP bajo la línea A	CL	Arcilla de baja plasticidad
Arenas: más de 50% de gruesos pasa la malla #4 (menos de 5% finos)	SW	Arena limpia, bien graduada		OL	Orgánico de baja plasticidad
	SP	Arena limpia, mal graduada	LL > 50% Arcilla: IP arriba de la línea A Suelo	MH	Limo de alta plasticidad
Gravas y Arenas con más de 12% de finos	GM	Grava limosa	Orgánico y Limo: IP bajo la línea A	CH	Arcilla de alta plasticidad
Limosa = finos de baja plasticidad	GC	Grava arcillosa		OH	Orgánico de alta plasticidad
Arcillosa = finos de alta plasticidad	SM	Arena limosa	TURBA y Suelos Orgánicos con más de 50% de materia orgánica		
	SC	Arena arcillosa			

Fuente: Normativa ASTM D2487

Cálculo del índice de plasticidad:

$$IL = \frac{W - LL}{IP}$$

IL: Índice de Liquidez

W: Humedad

LL: Limite Liquido

IP: Índice de Plasticidad

Muestra 1:

$$IL = \frac{32,58 - 55}{16} = -1,40$$

Muestra 2:

$$IL = \frac{30,86 - 56}{22} = -1,14$$

Muestra 3:

$$IL = \frac{33,41 - 55}{16} = -1,35$$

Muestra 1:

$$IL = \frac{30,41 - 56}{23} = -1,11$$

De igual manera se extrae los valores de cohesión c y ángulo de fricción interna ϕ tanto en condición natural como saturada.

Con el propósito de evaluar la precipitación como factor desencadenante se utilizaron los datos de precipitación obtenidos de la NASA POWER lo cual constituye una fuente de información meteorológica confiable y de libre acceso, basados en datos satelitales y modelos de análisis climático. La información de precipitación anual fue recopilada con el propósito de identificar los periodos de mayor intensidad de lluvia lo cual determinó su incidencia como factor detonante en la ocurrencia de movimiento en masa. Sin embargo, al ser un suelo de Limo

Orgánico de Alta Plasticidad; presenta una elevada capacidad de retención de agua y reducción de su resistencia al corte al incrementar su contenido de humedad.

Posteriormente los datos obtenidos fueron procesados mediante la elaboración de un histograma de frecuencias con la finalidad de representar gráficamente la variabilidad temporal de las precipitaciones.

Para la clasificación de los valores de precipitación se aplicó el método de intervalos iguales el cual consiste en dividir el rango total de datos en clase de amplitud uniforme. Este procedimiento permitió establecer categorías homogéneas de precipitación y facilitar la interpretación de los periodos de mayor incidencia pluviométrica lo cual contribuye significativamente al deterioro de las condiciones de estabilidad del talud en el área de estudio.

Para el factor desencadenante de sismicidad del área de estudio se realizó conforme a los lineamientos establecidos de las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC-SE-DS). Mediante la ubicación geográfica del talud dentro de la zonificación sísmica del Ecuador, se determinó un valor $Z = 0.33$ que está dentro de los parámetros de $0.35g$ correspondiente a una zona de peligro sísmico alto, lo que indica que el sector se encuentra expuesto a aceleraciones sísmicas significativas y que por consiguiente a un mayor potencial de afectación por eventos sísmicos.

Posteriormente, se determinó el perfil del suelo considerando las características obtenidas mediante el ensayo de laboratorio y la clasificación del material predominante, el cual corresponde a un limo de alta plasticidad (MH). De acuerdo a los criterios establecidos de la NEC el perfil del suelo es de tipo E, caracterizado por presentar depósitos de suelos blandos y altamente comprensibles.

3.7.2. *Objetivo 2.*

Para la aplicación de este método se dividió el talud del estudio en 15 dovelas en el software AutoCAD, además de ello se consideró el tipo de falla ya que Bishop solo lo aplica a

superficies de roturas circulares tomando en cuenta las fuerzas actuantes entre dovelas, así que para el análisis del talud se calculan resistencia al corte sobre la fuerza de corte de igual forma se utiliza las hojas de cálculo del software Excel para el procesamiento de la información, para obtener el factor de seguridad del talud. Se realizó una tabla con cada uno de los parámetros para analizar las dovelas, para este método se debe de hacer un proceso de iteración ya que así lo propone Bishop la ecuación empleada fue la siguiente:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{cb_i + (w_i - u_i b_i) \tan \phi}{\cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \tan \phi}{FS} \right)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

Donde:

C= Cohesión

ϕ =Angulo de fricción; (°)

γ = *Peso específico del terreno; (KN/m³)*

γ_w = *Peso específico del agua; (9,8 KN/m³)*

h= Altura de la dovela en la parte media; (m)

h_w =Altura del nivel del agua; (m)

α_i =Angulo positivo o negativo de cada dovela con respecto a la horizontal; (°)

b= Ancho de la dovela;(m)

L_i =Longitud de la base de la dovela;(m)

W_i =Peso; (KN/m)

u_i =Presión de poros (KN/m²)

Para la determinación de la estabilidad del talud bajo condiciones de saturación, el procesamiento de los datos se dividirá en dos etapas secuenciales: el modelado de la presión de poros mediante el método simplificado del coeficiente adimensional, y el cálculo del Factor de Seguridad (FS) mediante el método de Bishop Simplificado.

Parámetro Adimensional r_u (Bishop y Alpan, 1960)

El coeficiente de presión de poros r_u es un parámetro adimensional introducido por **Alan W. Bishop y Alpan (1960)** para simplificar la influencia del agua en análisis de estabilidad cuando no se dispone de una red de flujo exacta. Se define rigurosamente como la relación entre la presión de poros (u) y el esfuerzo vertical total σ_u en un punto dado:

$$r_u = \frac{y_w * \cos^2 \beta}{\gamma_{sat}}$$

$$r_u = \frac{9.8 * (\cos 23.5^2)}{20} = 0.41$$

Clasificación de los parámetros adimensionales de la presión de poros

$r_u = 0.0$ el talud esta completamente seco

$r_u = 0.20$ a 0.30 nivel freatico medio

$r_u = 0.40$ a 0.45 nivel freatico alto

Generalmente esta fórmula corresponde a la solución analítica de un talud infinito con flujo de filtración paralelo a la superficie (condición crítica por lluvias).

Al introducir la ecuación presión de poros corresponde al principio hidrostático clásico de la mecánica de fluidos

$$Presion\ de\ poros = u = r_u * \left(\frac{w}{b}\right)$$

Esta expresión permite estimar la altura equivalente de agua asociada a un valor conocido del coeficiente de presión de poros, parámetro que posteriormente se incorpora al análisis de estabilidad mediante el método de Bishop Simplificado.

$$\text{Altura de nivel freático} = h_w = \frac{r_u * w_i}{\gamma_w * b_i}$$

Cálculos de la siguiente manera tanto como la época seca como la época lluviosa

Tabla 3. Parámetros para el cálculo del método de Bishop.

Escenario	Peso unitario	Cohesión (c)	Ángulo de Fricción
Saturado (época de lluviosa)	20,0 KN/m ²	23.5 kPa	22.3°
Natural (época seca)	18.5 KN/m ²	27 kPa	25.5 °

Nota. Elaboración Propia (2026).

3.7.2.1. Cálculo del método de Bishop Simplificado por dovelas

$$\text{Base de la dovela : } b = 7.38 \text{ m}$$

$$\text{Altura: } H = 26.41 \text{ m}$$

$$\alpha = 77^\circ$$

$$\text{a) longitud de la dovela : } L = b / \cos \alpha$$

$$L = \frac{7.38}{\cos 77} = 32.80 \text{ m}$$

$$\text{b) Area: } A = b * H$$

$$\text{Area: } A = 7.38 * 26.41 = 194.91 \text{ m}^2$$

$$\text{c) Peso de la dovela: } W = \gamma * A * (1)$$

$$W = 20 * 194.91 * 1 = 3898.12 \text{ KN/m}$$

Aquí utilizamos el parámetro adimensional de presión de poros 0.41 solo para la época lluviosa cuando no se conoce el nivel freático.

$$\text{d) Altura de nivel freático} = h_w = \frac{r_u * w_i}{\gamma_w * b_i}$$

$$h_w = \frac{0.41 * 3898.12}{9.81 * 7.38} = 22.08$$

$$\text{e) Presion de poros} = u = r_u * \left(\frac{W}{b}\right)$$

$$u = 0.41 * \left(\frac{3898.12}{7.38}\right) = 216.56 \text{ kNm}^2$$

3.7.2.2. Cálculo del Factor de Seguridad

$$f) FS = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{cb_i + (w_i - u_i b_i) \tan \phi}{\cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

$$g) cb_i + (w_i - u_i b_i) \tan \phi$$

$$23.5 * 7.38 + (3898.12 - 216.56 * 7.38) \tan 22.3 = 1116.69$$

$$h) \cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right)$$

$$\cos 77 \left(1 + \frac{\tan 77 \tan 22.3}{1} \right) = 0.9260358$$

$$i) \text{ Momento de resistencia} = \frac{1116.69}{0.9260358} = 1205.88$$

$$(w_i * \sin \alpha)$$

$$j) \text{ Momento actuante } (3898.12 * \sin 77) = 3798.21$$

Una vez representada los pasos se debe hacer con cada una de las dovelas y luego obtener una suma total tanto del momento de resistencia como del momento actuante.

Luego se debe de dividir los dos momentos para determinar el factor de seguridad lo cual nos da un resultado de 0.57 dándonos a conocer que el talud es inestable en época lluviosa.

$$k) FS = \frac{15017.30}{26573.57} = 0.57$$

De la misma manera se lo realiza en época seca, pero sin el parámetro adimensional de la presión de poros, allí su altura como la presión de poros es 0, porque es en una época seca de igual manera, dándonos un factor de seguridad de 1.22, talud inestable, por lo cual el perfil 1 como el perfil 2 dos son taludes inestables durante las dos temporadas.

3.7.3. *Objetivo 3.*

Se desarrolló a partir de la integración de los resultados obtenidos en de objetivos anteriores, particularmente del análisis de estabilidad realizado mediante el Método de Bishop Simplificado, el cual evidenció condiciones desfavorables en el talud ubicado en abscisas 64 + 000 de la vía Guaranda- Balsapamba.

Con base en la interpretación del factor de seguridad determinado, se identificó la necesidad de implementar una medida de estabilización de carácter estructural que actúe directamente en la zona de mayor influencia de las fuerzas desestabilizadoras, localizada en el pie del talud. Esta condición permitió establecer como alternativa técnica la incorporación de un pie de muro, debido a su capacidad para incrementar la resistencia al deslizamiento y mejorar el equilibrio global del sistema de suelo.

3.7.3.1. *Procesamiento de los Cálculos para el diseño de muro en la propuesta*

Datos

Peso unitario (Y)= 2 T/m ³	Cohesión =23.5 KPa	Angulo= 22.3°
Altura del Terraplén (He) = 3 m	A. Pendiente (Ht)= 22	Altura = 30m

Calculamos lo siguientes parámetros

$$\text{Fórmula: } P_a = \text{empuje activo} \left(\frac{KN}{m} \right)$$

$$K_a = \text{coeficiente activo}$$

$$Y = \text{peso unitario}$$

$$H = \text{altura de muro}$$

$$a) K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_a = \tan 45 - \frac{22.3}{2}$$

$$\text{coeficiente de empuje activo} = 0.6707$$

b) Presión del suelo inferior = Peso específico * H de la pendiente * Coeficiente

$$P_i = \gamma * Ht * Ka$$

$$P_i = 2 * 22 * 0.67$$

$$P_i = 29.48 \text{ T/m}^2$$

c) Presión del suelo superior = Peso específico * Atura pendiente -1 * Altura del terraplén * Coeficiente

$$P_s = \gamma * (Ht - 1 * He)Ka$$

$$P_s = 2(22 - 1 * 3)0.67$$

$$P_i = 2 * 19 * 0.67 = 25.46 \text{ T/m}^2$$

$$\text{d) Presión Media (PT)} = \frac{P_i + P_s}{2}$$

$$PT = \frac{29.48 + 25.46}{2} = 27.47 \text{ T /m}^2$$

$$\text{e) Empuje activo (E)} = PT * He * 1.5$$

$$(E) = 27.47 * 3 * 1.5 = 123.62 \text{ T/m}^2$$

$$\text{f) Empuje Distribuida (Ed)} = E/He$$

$$Ed = \frac{123.62}{3} = 41.2 \text{ T/m}^2$$

$$\text{g) Momento ultimo (Mu)} = \frac{Ed(He)^2}{10}$$

$$Mu = \frac{41.2(3)^2}{10} = 37.08 \text{ Tm}$$

$$\text{h) Espesor del muro (em)} = \left(\frac{Mu * 100000}{0.145 * fc * 100} \right)^{0.5} + \text{Recubrimiento del muro}$$

Desglose de la formula:

$$fc = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ NEC.}$$

$$37.08 * 100000 = 3708000$$

División por el coeficiente de esfuerzo y resistencia

$$\frac{370800}{0.145} = 2557213.79$$

$$\frac{2557213.79}{210} = 121773.40$$

$$\frac{121773.40}{100} = 217.734 \text{ cm}^2$$

$$(217.734)^{0.5} = 34.896 \text{ cm}$$

$34.896 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = 39.89 \text{ cm}$ espesor definitivo queda **40 cm**

Aceros

Tabla 4. Tabla de equivalencias de varillas micro aleada

Diámetro nominal	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	mm
Área = πr^2	0.503	0.786	1.131	1.539	2.011	2.545	3.142	3.801	4.909	6.158	8.043	cm ²
Perímetro = $2 \pi r$	2.513	3.142	3.770	4.398	5.027	5.655	6.283	6.912	7.854	8.797	10.053	cm
Masa	0.395	0.617	0.888	1.208	1.578	1.998	2.466	2.984	3.853	4.843	6.313	kg/m
Masa de 1 varilla												
de 6 m	2.370	3.702	5.328	7.248	9.468	11.988	14.796	17.904	23.118	29.004	37.878	kg
de 9 m	3.555	5.553	7.992	10.872	14.202	17.982	22.194	26.856	34.677	43.506	56.817	kg
de 12 m	4.740	7.404	10.656	14.496	18.936	23.976	29.592	35.808	46.236	58.008	75.756	kg
Número de varillas en 45.36 kg (1 quintal)	19.139	12.253	8.513	6.258	4.791	3.784	3.006	2.533	1.962	1.564	1.198	de 6 m
	12.759	8.169	5.676	4.172	3.194	2.523	2.004	1.689	1.308	1.043	0.798	de 9 m
	9.570	6.126	4.257	3.129	2.395	1.892	1.533	1.267	0.981	0.782	0.599	de 12 m

Nota: Ficha técnica NOVACERO

3.7.3.2. Cálculo del metrado de acero y encofrado:

Parámetro	Valor
Altura del terraplén (H)	3,00 m
Recubrimiento del muro	0,50 m
Proyección del pie	1,00 m
Ancho total de la zapata	2,50 m
Longitud del muro	30,00 m

Tabla 5. Tabla aceros

Acero vertical			Acero horizontal		
Diámetro	Separación	Peso Lineal	Diámetro	Separación	Peso Lineal
Φ = 20 mm	s = 0,10 m	P20 = 2,46 kg/m	Φ = 16 mm	s = 0,28 m	P16 = 1,57 kg/m

Nota: Elaboración Propia (2025).

a) Aceros del terraplén Vertical

Longitud de una varilla

$$Lv = 3,30 + 0,30$$

$$Lv = 3,60 \text{ m}$$

Número de varillas:

$$N = \frac{30}{0,10}$$

$$N = 300 \text{ varillas}$$

Longitud total de acero de un lado:

$$L1 = 300(3,60)$$

$$L1 = 1080 \text{ m}$$

Longitud total de acero (dos caras):

$$Lt = 1080 + 1080$$

$$Lt = 2160$$

Peso del acero vertical:

$$P = 2,46 \text{ kg/m}$$

$$W = Ps * Pslh$$

$$W = 2160 (2,46)$$

$$\text{Peso del acero vertical} = 5313.6 \text{ kg}$$

b) Acero horizontal del terraplén:

Numero de varillas:

$$Nt = \frac{3,00}{0,28}$$

$$Nt = 10,71 \approx 11$$

$$Nt = 11$$

Longitud total de acero de un lado:

$$L1 = 11(30)$$

$$L1 = 330 \text{ m}$$

Longitud total de acero (dos caras):

$$L_t = 330 + 330$$

$$L_t = 660 \text{ m}$$

Peso del acero horizontal:

$$W = 660 (1,57)$$

$$W = 1036,2 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del acero horizontal} = 1036,2 \text{ kg}$$

c) Acero de la zapata:

Tabla 6. Acero de la zapata

Acero vertical			Acero horizontal		
Diámetro	Separación	Peso Lineal	Diámetro	Separación	Peso Lineal
Φ = 20 mm	s = 0,10 m	P20 = 2,46 kg/m	Φ = 16 mm	s = 0,28 m	P16 = 1,57 kg/m

Longitud de la zapata horizontal:

$$L = 2,40$$

Número de barras:

$$N_t = \frac{2,40}{0,28}$$

$$N_t = 8,57 \approx 9$$

Longitud 1:

$$L_1 = 9(30)$$

$$L_1 = 270 \text{ m}$$

Longitud total:

$$L_t = 270 + 270$$

$$L_t = 540 \text{ m}$$

Peso

$$P = 540 (1,57)$$

$$W = 847,8 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del acero horizontal} = 847,8 \text{ kg}$$

d) Acero vertical de la zapata:

Numero de varillas:

$$N = 300$$

Longitud de la zapata horizontal:

$$L = 2,40$$

Longitud 1:

$$L1 = 300(2,40)$$

$$L1 = 720\text{m}$$

Longitud total:

$$Lt = 720 + 720$$

$$Lt = 1440 \text{ m}$$

Peso

$$P = 1440 (2,46)$$

$$W = 3542,4 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del acero vertical} = 1771,2 \text{ kg}$$

e) Cálculo del Encofrado:

Área Inferior:

$$A1 = 2,50(0,50)$$

$$A1 = 1,25 \text{ m}^2$$

Volumen longitudinal:

$$V = 1,25(30)$$

$$V = 37,50 \text{ m}^2$$

Área superior:

$$A_2 = 3,00(0,50)$$

$$A_2 = 1,50 \text{ m}^2$$

Volumen longitudinal:

$$V = 1,50(30)$$

$$V = 45,00 \text{ m}^3$$

Área total de encofrado:

$$P = (0,50 + 1,00 + 3,00) * 2$$

$$P = 9,00 \text{ m}$$

Área total:

$$A = P(30)$$

$$A = 270 \text{ m}^2$$

Área Total de encofrado:

$$270 \text{ m}^2$$

Estribos:

Varilla de 12 equivale en masa 0,88

$$E_{sv} = \frac{3}{0,28} = 3,75 = 4 \quad E_{sh} = \frac{30}{0,28} = 37,5 = 38$$

$$E_{st} = 4 * 38 = 152$$

$$\text{Estribos totales} = 152$$

$$W = 152 * \text{espesor}$$

$$W = 152 * 0,45$$

$$W = 68,4 * 0,88$$

$$W = 60 \text{ kg}$$

f) Tubos para el drenaje:

Tubo mide :1,5

$$\text{TubVertical} = \frac{3}{1,5} = 2 \quad \text{TubHorizontal} = \frac{30}{1,5} = 20$$

$$\text{Tubtotal} = 2 * 20$$

$$\text{Tubtotal} = 40$$

$$\text{Tubespesor} = 40 + 10$$

$$\text{Tubespesor} = 50$$

$$\text{Longitud} = 40 * 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 20 - 1 \text{ m}$$

Se resta 1 debido a que deben ir alternados para evitar el debilitamiento del muro, esto permite que la mampostería conserve su resistencia.

$$\text{Longitud} = 19 \text{ m}$$

Tabla 7. Cálculos

Concepto	Resultado
Acero vertical del terraplén	6199,2 kg
Acero horizontal del terraplén	1507,2 kg
Acero de la zapata	423,9 kg
Acero vertical de la zapata	1771,2 kg
Área total de encofrado	270,0 m²
Acero total de los estribos	60 kg
Tubería total	19

4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

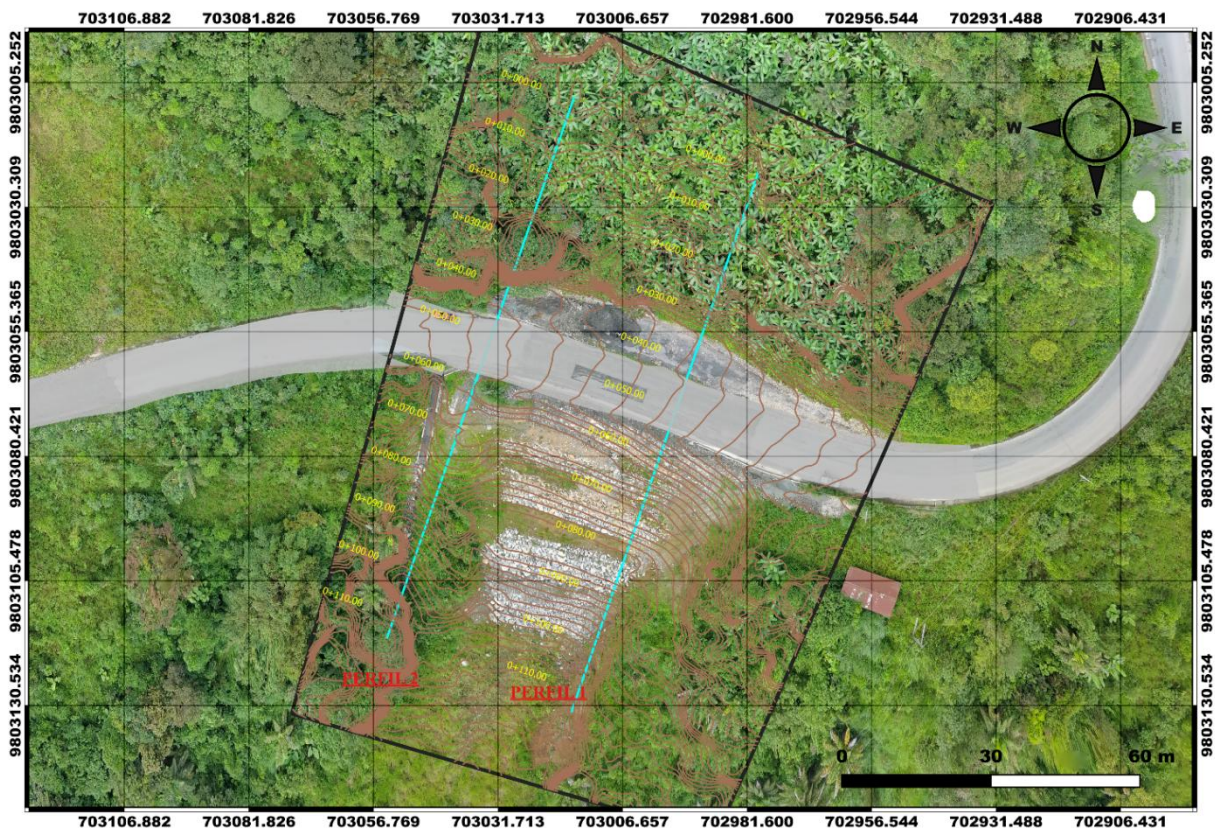
4.1. Análisis, Interpretación y discusión de Resultados

4.1.1. *Objetivo 1. Determinar las características intrínsecas (Geometría del talud, Geología, Litología y Propiedades Geotécnicas) y los factores desencadenantes que influyen en la estabilidad del talud ante la amenaza de deslizamiento en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba.*

En el talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba, se caracteriza mediante los componentes, tales como la geometría de la ladera, las características geológicas y litológicas, las propiedades geotécnicas basado en ensayos de suelo y los factores desencadenantes de inestabilidad. La integración de estos elementos constituye la base para la determinación del Factor de Seguridad (FS) y la evaluación de la estabilidad del talud.

4.1.1.1. *Caracterización de la Geometría del talud en la Abscisa 64+000:*

Ilustración 18. Delimitación del talud en estudio mediante ortofoto y curvas de nivel



Nota: Elaboración Propia (2026).

Tabla 8. Geometría de talud

Parámetro	Símbolo	Perfil 1	Perfil 2	Unidad
Elevación de la cresta	Ec	1160,00	1156,52	m s.n.m.
Elevación del pie del talud	Ep	1109,00	1105,51	m s.n.m.
Altura del talud	H	52,39	51,01	M
Distancia horizontal	Dh	120,94	114,77	M
Pendiente	P	43,33	44,44	%
Ángulo de inclinación	B	23,42	23,96	°

Nota: Elaboración Propia (2025).

Interpretación:

Los perfiles topográficos permitieron determinar que el talud presenta una geometría homogénea, con alturas promedio cercanas a los 52 m y pendientes entre 43,33 % y 44,44 %, clasificadas como fuertes. Estas características geométricas evidencian una configuración morfológica que favorece en el incremento de los esfuerzos gravitacionales y cortantes sobre el macizo, constituyéndose en un factor condicionante relevante para la estabilidad del talud y aumentando su susceptibilidad frente a procesos de deslizamiento, especialmente ante la acción de factores detonantes como la inflación de agua o la pérdida de resistencia de los materiales que suelen activarse durante temporada de lluvia intensa.

4.1.1.2. Caracterización de la Geología y Litología

La caracterización geológica y litológica del área de estudio se desarrolló mediante la revisión de información secundaria correspondiente a la provincia de Bolívar, complementada con las observaciones realizadas durante el reconocimiento de campo en el sector de la abscisa 64+000. La información consultada indica que la geología regional está constituida por diversas unidades geológicas, entre las que destacan la Formación Pallatanga, Formación Apagua, Formación Arrayanes, Grupo Zumbahua, depósitos cuaternarios y la Unidad Macuchi, siendo esta última la de mayor representatividad en la provincia.

Desde el punto de vista litológico, la unidad macuchi se caracteriza por presentar secuencia de origen volcánico-sedimentario compuestos principalmente por brechas volcánicas

polimícticas, rocas de composición andesítica, lavas basálticas e intercalaciones de materiales sedimentarios, las cuales al estar expuestas a procesos de meteorización física y química favorece en la generación de materiales residuales y depósitos superficiales con propiedades geomecánicas variables. Durante el reconocimiento de campos observaron materiales alterados y depósitos superficiales sobre el talud, evidenciando la acción de procesos de erosión y degradación de la ladera. La presencia de materiales meteorizados y de menor competencia geométrica constituye una condición intrínseca que influyen en el comportamiento del talud, ya que favorece la infiltración de agua, disminuye la resistencia al corte y aumenta la susceptibilidad del terreno frente a procesos de remoción en masa, especialmente en épocas de alta pluviosidad.

En consecuencia, con base en la información geológica regional y las evidencias observadas en el área de estudio se encuentra condicionado por la presencia de materiales de origen volcánico y volcano-sedimentario con diferentes grados de alteración, los cuales constituyen un factor relevante en la estabilidad de la ladera y en el desarrollo de procesos de deslizamiento.

4.1.1.3. Caracterización de las Propiedades Geotécnicas del Talud:

Resultado del ensayo de granulometría:

Se ejecutó el ensayo de granulometría bajo la normativa ASTM D422. Este análisis permite cuantificar la distribución de los tamaños de las partículas que componen la matriz del terreno en la zona crítica de la abscisa 64+000.

Tabla 9. Granulometría

GRANULOMETRÍA					
Muestra	% PASA		% RETENIDO ACUMULADO		% BAJO #200 MÉTODO DE LAVADO
	TAMIZ #4	TAMIZ #200	TAMIZ #4	TAMIZ #200	
1	85,49%	9,39%	14,51%	90,64%	86,12%
2	80,68%	9,28%	19,32%	90,72%	65,42%
3	89,00%	10,73%	11,00%	89,27%	87,95%
4	89,58%	11,27%	10,42%	88,73%	82,95%

Nota: Elaboración propia (2026).

Tabla 10. Granulometría

		GRAVA		ARENA						
Grava	Arena	%F MENOR DEL 5%		%F MENOR DEL 5%		%F MAYOR DEL 12%		%F ENTRE 5% - 12%		
MAS%50 RETIENE #4	MAS%50 PASA #4	CU MAYOR 4	CC ENTRE 1-3	CU MAYOR 6	CC ENTRE 1-3					
NO	SI				SP	$m = IP / (LL - 20)$ $m < 0.73, M$$m > 0.73, C$		SP	SM	MH
NO	SI							SP	SM	MH
NO	SI							SP	SM	MH
NO	SI							SP	SM	MH

Nota: Elaboración propia (2026).

Interpretación de Resultados

Los resultados presentados en la Tabla 6 permiten caracterizar la distribución granulométrica del material que conforma el talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balzapamba mediante el análisis por tamizado en seco, se determinó que entre el 80,7 % y el 89,6 % del material atraviesa el tamiz N.º 4 (4,75 mm), mientras que entre el 10,4 % y el 19,3 % queda retenido en dicho tamiz. Estos resultados evidencian que la fracción gruesa está constituida predominantemente por arena, con una proporción menor de partículas correspondientes a grava.

Por otra parte, el porcentaje de material que atraviesa el tamiz N.º 200 (0,075 mm) mediante el tamizado en seco se encuentra entre 9,3 % y 11,3 %. Bajo esta condición, la fracción gruesa presenta una distribución poco uniforme de los tamaños de partículas, con predominio de tamaños similares y una reducida presencia de partículas intermedias; por tanto, se evidencia un comportamiento correspondiente a una arena mal graduada (SP). Sin embargo, esta apreciación corresponde únicamente a la fracción identificada mediante el procedimiento de tamizado en seco y no constituye, por sí sola, la clasificación definitiva del suelo.

Al analizar los resultados obtenidos mediante el lavado por el tamiz N.º 200, se observa un incremento considerable del porcentaje de material fino. Los valores registrados alcanzan 65,42 %, 87,95 % y 82,95 % en las muestras correspondientes. En el caso de la muestra 1, el valor registrado de 86,12 % debe ser verificado antes de establecer la interpretación definitiva,

debido a que es superior al porcentaje que pasa el tamiz N.º4 registrado para esta muestra (85,49 %). Esta relación no es físicamente coherente, debido a que las partículas que atraviesan el tamiz N.º200 necesariamente forman parte de las partículas que atraviesan el tamiz N.º4. Por consiguiente, el dato debe ser revisado en los registros originales para descartar un error de transcripción o cálculo.

La diferencia observada entre los resultados obtenidos mediante el tamizado en seco y el lavado puede explicarse por la presencia de partículas finas adheridas o aglomeradas alrededor de partículas de mayor tamaño. Durante el tamizado en seco, parte de estos finos puede permanecer asociada a las partículas gruesas y, por tanto, ser retenida temporalmente en tamices de mayor abertura. El procedimiento de lavado permite desprender dichas partículas y conducir las a través del tamiz N.º 200, proporcionando una estimación más representativa de la cantidad de material con tamaño inferior a 0,075 mm. En consecuencia, los resultados del lavado evidencian que la proporción real de material fino presente en las muestras es significativamente mayor que la determinada inicialmente mediante el tamizado en seco.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), cuando más del 50 % del material pasa el tamiz N.º 200, el suelo se clasifica dentro del grupo de suelos finos. En las muestras analizadas, los porcentajes obtenidos mediante lavado superan este límite, por lo que la clasificación definitiva debe establecerse considerando las propiedades de plasticidad de la fracción fina y no únicamente la distribución granulométrica observada en el tamizado en seco.

Límites de Atterberg

Tabla 11. Límites de Atterberg

Muestra	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	Humedad Natural	Índice de liquidez	Clasificación SUCS
M1	55	39	16	32,58	-1,40	OH
M2	56	34	22	30,86	-1,14	OH
M3	55	39	16	33,41	-1,35	OH
M4	56	33	23	30,94	-1,11	OH

Nota: Elaboración propia (2026).

Interpretación:

Los resultados de los límites de Atterberg evidencian que las muestras presentan un límite líquido entre 55 % y 56 %, un límite plástico entre 33 % y 39 % y un índice de plasticidad entre 16 % y 23 %, lo que indica un comportamiento plástico del material con una variación relativamente reducida entre muestras. La humedad natural presentó valores entre 30,86 % y 33,41 %, con un promedio de 31,95 %. Al comparar estos valores con el límite plástico, se observa que la humedad natural se encuentra por debajo de dicho límite en todas las muestras.

El índice de liquidez (IL), calculado a partir de la relación entre la humedad natural, el límite líquido y el índice de plasticidad, presentó valores entre $-1,40$ y $-1,11$. Estos resultados indican que, en las condiciones en las que fueron analizadas las muestras, la humedad natural se encuentra por debajo del límite plástico. Si bien los valores obtenidos no son cercanos a cero, la proximidad entre la humedad natural y el límite plástico, particularmente en la muestra M4, constituye una condición que debe considerarse ante posibles incrementos de humedad asociados a la infiltración durante eventos de precipitación. Conceptualmente, un IL cercano a cero representa una condición de alerta, debido a que indica que la humedad del suelo se

aproxima al límite plástico, pudiendo modificar su estado de consistencia y, consecuentemente, su comportamiento mecánico.

De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), las cuatro muestras fueron clasificadas como OH (limo orgánico de alta plasticidad), clasificación que corresponde a un suelo fino con elevada sensibilidad a las variaciones de humedad y, por consiguiente, con una marcada tendencia a experimentar cambios en sus propiedades mecánicas al alcanzar estados de saturación.

Ensayo de Compresión Triaxial:

Tabla 12. Ensayo de Compresión Triaxial

Muestra	Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)	Peso unitario (kN/m ³)	Humedad (%)
M-1	25	15	18,45	42%
M-2	11	17,9	20,14	34%
M-3	24	16,8	20,14	34%
M-4	21	17,6	20,14	34%

Nota: Elaboración propia (2026).

Interpretación:

Los resultados del ensayo triaxial evidencian que el material analizado presenta valores de cohesión moderados con un promedio de 20,25 kPa, y ángulos de fricción interna relativamente bajos, con un valor medio de 16,8°, lo que indica que la resistencia al corte del suelo depende en mayor medida de la cohesión que de la fricción entre partículas, característica común en materiales con presencia de finos y un contenido de humedad significativo. Así mismo los valores de humedad registrados comprendidos entre el 34% y el 42%, sugieren un estado de saturación que puede influir en la disminución de la resistencia efectiva del suelo ante el incremento de las presiones de poros reduciendo notablemente su capacidad portante por otra parte la similitud en los valores de peso unitario, con un promedio de 20 kN/m³, permite inferir una relativa homogeneidad en las características físicas del suelo analizado a lo largo del talud.

Ensayo de corte directo Saturado:

Tabla 13. Ensayo de corte directo saturado

Muestra	Cohesión, c (kPa)	Ángulo de fricción, ϕ (°)	Humedad (%)
M-1	24	22	40%
M-2	23	23	42%
M-3	24,8	21	43%
M-4	23,4	22	43%

Nota: Elaboración propia (2026).

Ensayo de corte directo:

Tabla 14. Ensayo de Corte Directo

Muestra	Cohesión, c (kPa)	Ángulo de fricción, ϕ (°)	Humedad (%)
M-1	27,68	24,86	37%
M-2	27	25,68	36%
M-3	26,78	25,57	36%
M-4	27,45	26,38	33%

Nota: Elaboración propia (2026).

Interpretación:

Los resultados de los ensayos de corte directo muestran una disminución de los parámetros de resistencia del suelo al pasar de la condición natural a la condición saturada. En estado natural, las muestras presentan una cohesión promedio de 27,23 kPa y un ángulo de fricción promedio de 25,62°, con un contenido de humedad promedio de 35,5 %. En condición saturada, la cohesión promedio disminuye a 23,80 kPa y el ángulo de fricción a 22°, mientras que la humedad aumenta hasta un promedio de 42 %.

Esta variación evidencia que el incremento del contenido de humedad influye desfavorablemente en la resistencia al corte del material, debido a la reducción de sus parámetros de cohesión y fricción. En términos comparativos, la cohesión disminuye aproximadamente un 12,6 %, mientras que el ángulo de fricción presenta una reducción cercana al 14,1 % entre ambas condiciones.

Para el análisis de estabilidad del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba, estos resultados son relevantes, debido a que las precipitaciones pueden incrementar el contenido de agua del suelo y generar condiciones cercanas a la saturación. Por tanto, la reducción observada en los parámetros resistentes debe ser considerada en la evaluación del factor de seguridad, ya que representa una condición menos favorable para la estabilidad del talud y puede contribuir al incremento de su susceptibilidad frente a procesos de deslizamiento.

4.1.1.4. Factores desencadenantes

Precipitación:

Para este factor detonante que es uno de los principales causantes de los movimientos en masa en el kilómetro 64+000 de la vía Guaranda -Balsapamba, se pudo identificar precipitaciones promedias anuales con los datos de POWER NASA.

Tabla 15. Precipitaciones anuales (mm)

Año	Precipitaciones Anuales (mm)
2009	640
2010	841,98
2011	848,91
2012	1416,83
2013	960,14
2014	643,19
2015	959,51
2016	956,16
2017	1503,07
2018	869,75
2019	1009,67
2020	844,43
2021	1258,28
2022	913,54
2023	1326,17
2024	851,54
2025	1476,1
2026	934,23

Nota: Elaboración Propia partir de datos NASA POWER (2026).

Tabla 16. Parámetros método de intervalos iguales

Precipitación Mínima	640 mm/año
Precipitación Máxima	1503 mm/año
Precipitación media anual (promedio)	1014 mm/año
Rango	863 mm
Numero de clases	3
Amplitud	287 mm

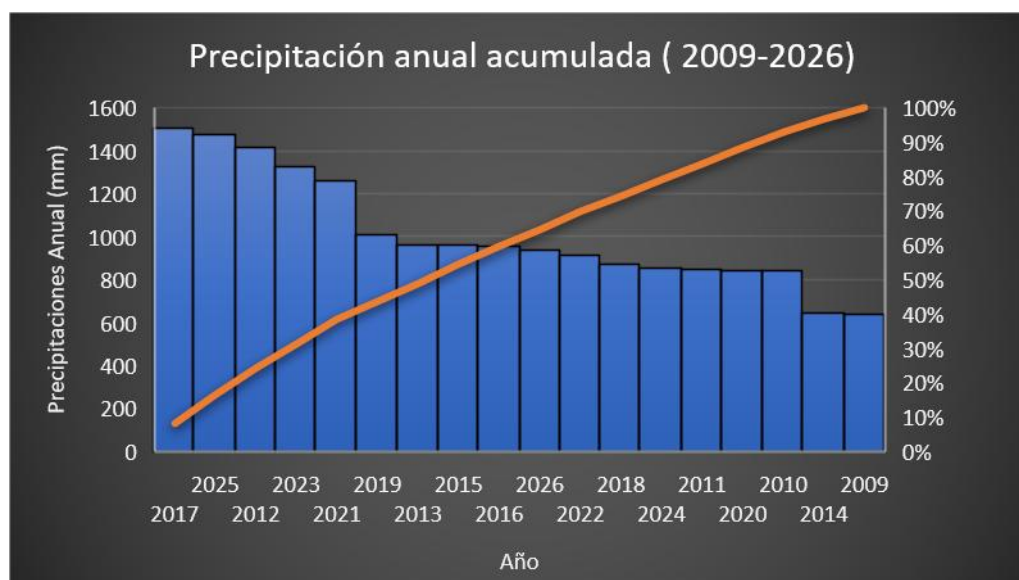
Nota: Elaboración Propia (2026)

Tabla 17. Clasificación de las precipitaciones

Categoría	Rango (mm/año)
Baja	640-927
Media	927-1214
Alta	1214-1501

Nota: Elaboración Propia (2026)

Ilustración 19. Histograma de precipitación anual



Nota: Elaboración Propia (2026)

Interpretación:

Los resultados obtenidos evidencian una variabilidad interanual de las precipitaciones en la zona de estudio durante el periodo 2009-2026 con valores comprendidos entre 640 mm y 1503 mm anuales y una precipitación media anual 1014mm. El año 2017 presentó la mayor precipitación acumulada con 1503 mm, seguido del año 2025 con 1476,1 mm y del año 2012 con 1416,83 mm. En contraste el año 2009 registró la menor precipitación con 640 mm, seguido del año 2014 con 643,19 mm.

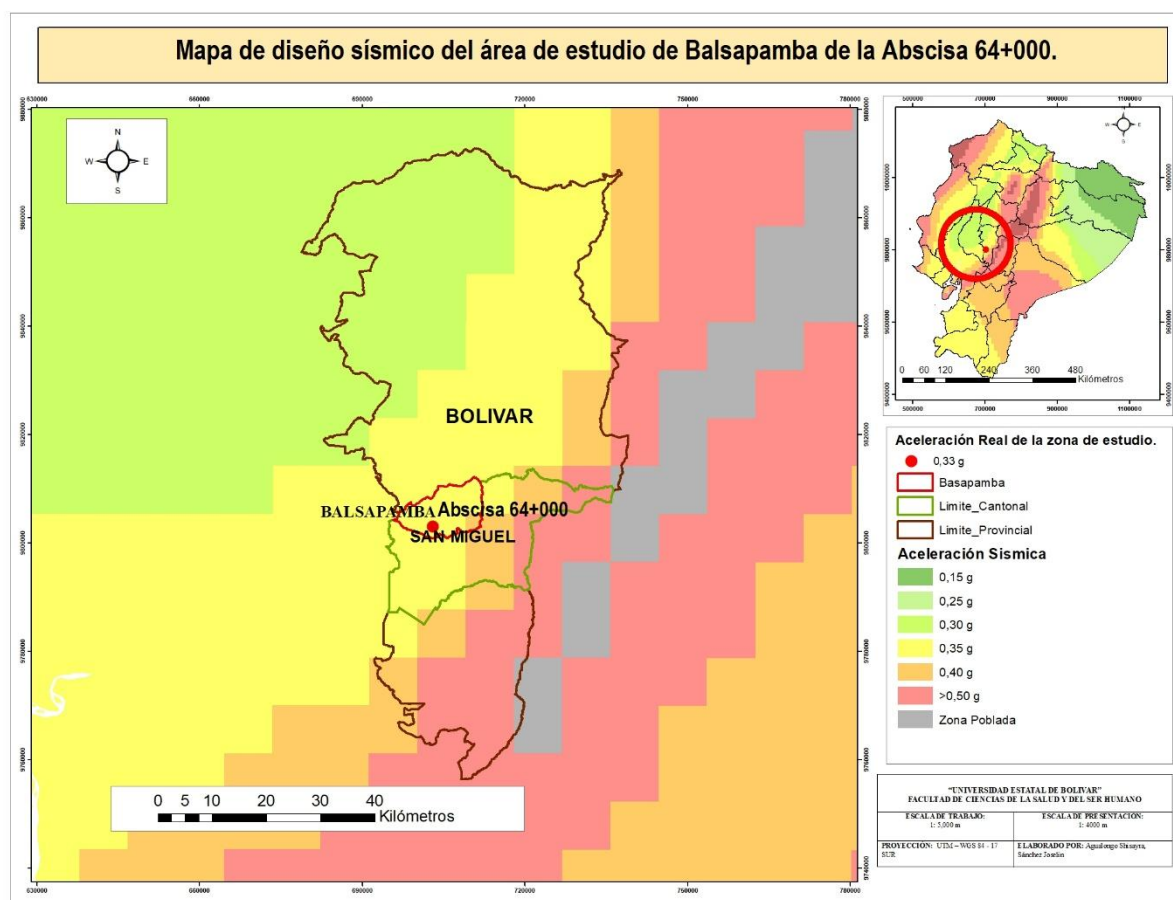
En este sentido, las variaciones en la precipitación constituyen un factor detonante importante en la ocurrencia de movimientos de masa, debido a que el incremento de las lluvias favorece la infiltración y la insaturación del suelo, aumentando el peso de los materiales y disminuyendo su resistencia al corte, lo que genera condiciones de inestabilidad en los taludes.

Con base los datos obtenidos de la plataforma NASA POWER, se establecieron tres categorías de precipitación mediante el método de intervalos iguales; baja (640- 927 mm/año), media (927 - 1214 mm/año) y alta (1214- 1501mm/año). Esta clasificación por lo general permitió evaluar la influencia de la precipitación como variable condicionante de la amenaza por deslizamiento considerando una relación directamente proporcional; es decir mayor precipitación mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamiento.

Sismicidad

La geografía ecuatoriana del país, se encuentra dividido en 6 zonas sísmicas, cada una de estas zonas tienen su aceleración máxima representado como el factor z . Lo cual este factor, expresa como una fracción de la gravedad.

Ilustración 20. Mapa de diseño Sísmico



Nota: Elaboración Propia (2026).

Para el área de estudio, ubicada en Balsapamba, se elaboró el mapa de diseño sísmico a partir de la información obtenida del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), mediante el cual se determinó una aceleración sísmica de 0,33 g. Al contrastar este resultado con la zonificación establecida en las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC), se observa que presenta una magnitud próxima al factor de zona $Z = 0,35$, correspondiente a la zona sísmica IV, clasificada con un nivel de peligro sísmico alto.

Zonas sísmicas y factor de zona Z

Tabla 18. Zonas sísmicas y factor de zona Z

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	>50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Normas Ecuatorianas de Construcción. (NEC).

Coeficiente de amplificación del suelo en la zona de periodo corto.

Tabla 19. Coeficiente de amplificación del suelo

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0.5
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: Normas Ecuatorianas de Construcción. (NEC).

Aceleración sísmica amplificada $0.33 \cdot 1.1 = 0.36 \text{ g}$

Una vez obtenido el valor de aceleración sísmica de 0,33 g para el área de estudio, se aplicó el coeficiente de amplificación del suelo $F_a = 1,1$, correspondiente al perfil de suelo E. Como resultado, se obtuvo una aceleración sísmica amplificada de aproximadamente 0,36 g.

Mediante los ensayos de laboratorio realizado se determinó que el suelo corresponde a un Limo Orgánico de alta Plasticidad, clasificándose dentro del perfil de suelo tipo E, con un valor de amplificación sísmica del suelo de 1.1 con base a la información obtenida se pudo obtener la aceleración 0.36g. Sin embargo los suelos de tipo E son suelos blandos y altamente defórmales, susceptibles a pérdidas de resistencia durante movimientos sísmicos intensos

Interpretación

El análisis realizado permitió determinar que el área de estudio presenta una aceleración sísmica de 0,33 g. Al contrastar este resultado con la zonificación establecida por la NEC, se observa que el valor obtenido presenta una magnitud próxima al factor de zona $Z = 0,35g$ correspondiente a la zona sísmica IV, la cual se encuentra caracterizada por un peligro sísmico alto.

Una vez obtenido el valor de aceleración sísmica de 0,33 g para el área de estudio, se aplicó el coeficiente de amplificación del suelo $F_a = 1,1$, correspondiente al perfil de suelo E ya que es un limo orgánico de alta plasticidad. Como resultado, se obtuvo una aceleración sísmica amplificada de aproximadamente 0,36 g. lo que permite reconocer la influencia que pueden tener las condiciones locales del suelo sobre la respuesta sísmica del terreno.

Por lo tanto, la sismicidad se considera un factor condicionante o detonante potencial de la inestabilidad, mientras que las precipitaciones representan el principal factor detonante identificado para el área de estudio, de acuerdo con el análisis de precipitación realizado.

Análisis:

La evaluación integral del talud ubicado en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda–Balsapamba demuestra que su estabilidad está gobernada por una condición crítica de vulnerabilidad, donde interactúan factores intrínsecos de geometría, geología y geotecnia junto con agentes desencadenantes externos de gran magnitud.

Desde la perspectiva de la geometría, los perfiles topográficos levantados muestran un talud con alturas cercanas a los 52 metros y pendientes fuertes que oscilan entre el 43,33% y el 44,44%. Esta configuración topográfica adversa genera un incremento constante de los esfuerzos gravitacionales y cortantes sobre el terreno, constituyéndose en el primer factor condicionante que empuja a la ladera hacia un estado de inestabilidad natural. A esto se suma el contexto geológico y litológico dominado por la Unidad Macuchi compuesta por secuencias

volcano-sedimentarias y rocas andesíticas, la cual presenta grados significativos de meteorización y alteración superficial. Estos materiales deleznales actúan como verdaderas esponjas y vías preferenciales para la infiltración del agua de lluvia, mermando drásticamente la competencia mecánica del macizo.

Las propiedades geotécnicas refuerzan este diagnóstico de fragilidad. A través de los ensayos de laboratorio, identificamos que el suelo del talud está compuesto predominantemente por fracciones arenosas con un porcentaje crítico de finos (entre el 5% y el 12%), y clasificado de manera uniforme mediante el sistema SUCS como un limo orgánico de alta plasticidad (OH). Estos suelos presentan límites líquidos superiores al 55%, lo que revela una enorme capacidad de retención de humedad. Al someter el material a condiciones de saturación, los parámetros de resistencia al corte obtenidos una cohesión promedio de 23,5 kPa y un ángulo de fricción de $22,3^\circ$ se ven severamente comprometidos. En términos prácticos, el incremento de las presiones de poros disipa los esfuerzos efectivos del suelo, propiciando deformaciones plásticas y facilitando el colapso traslacional de la masa.

Completando este análisis sistémico, debemos integrar los factores externos o desencadenantes que activan la amenaza. Por un lado, el análisis histórico de precipitaciones (2009–2026), con una media anual de 1014 mm y picos extremos superiores a los 1400–1500 mm, representa el motor hidrodinámico principal de las fallas en el sector. Cada temporada de lluvias intensas incrementa el peso volumétrico de la masa de suelo y dispara las presiones intersticiales. Por otro lado, desde la perspectiva de la amenaza sísmica, la ubicación del proyecto en la zona sísmica IV (peligro alto según la normativa nacional), introduce fuerzas de inercia dinámicas que agravan peligrosamente el panorama de estabilidad.

La evaluación detallada de las características intrínsecas y los factores detonantes demuestra que nos enfrentamos a un talud altamente susceptible, donde la geomorfología, la litología alterada y el comportamiento mecánico de los suelos finos crean una condición de

equilibrio precario. Ante este escenario, la justificación técnica es contundente: resulta indispensable avanzar hacia la cuantificación matemática de la estabilidad de la ladera mediante el cálculo del Factor de Seguridad utilizando el método de Bishop simplificado, herramientas fundamentales para el diseño de medidas de mitigación efectivas en nuestra vía.

4.1.2. Objetivo 2. Establecer el índice de la estabilidad del talud utilizando el cálculo del factor de seguridad (FS) mediante el método del Bishop simplificado en la zona de estudio.

Datos obtenidos por el laboratorio de suelos para el cálculo:

Tabla 20. Parámetros para el cálculo

Escenario	Peso unitario	Cohesión (c)	Ángulo de Fricción
Saturado (época de lluviosa)	20,0 KN/m^2	23.5 kPa	22.3°
Natural (época seca)	18.5 KN/m^2	27 kPa	25.5 °

Nota: Elaboración Propia (2026).

Fórmula

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{cb_i + (w_i - u_i) b_i \tan \phi}{\cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \phi \tan \alpha_i}{FS} \right)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

C= cohesión	b= ancho de la dovela	w= peso de cada dovela	U= presión de poros
θ = angulo de fricción		α = angulo de cd dovela	

Perfil 1. Natural (época seca)

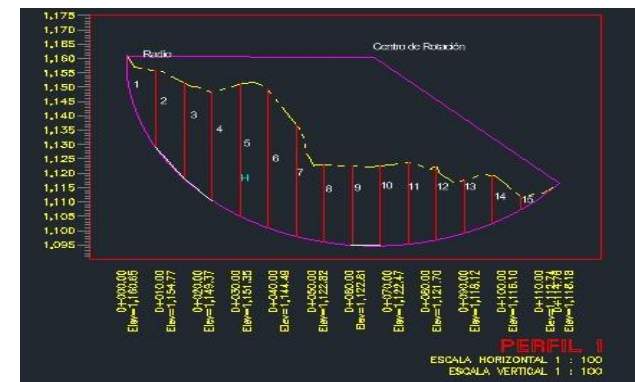
Tabla 21. Cálculo Método de Bishop

METODO DE BISHOP										$m \alpha$	Momentos de resistencia	Momento actuante
Dovela	b(m)	H (m)	$\alpha (^{\circ})$	$L(m) = b/\cos \alpha^{\circ}$	$A(m^2) = b * H$	$W(kN/m) = \gamma * A * (1)$	h_w	$u(KN/m^2) = \gamma_w * h_w$	$c^u bi + (Wi - Ui bi) Tan \emptyset$	$\cos \alpha (1 + ((\tan \alpha i \tan \emptyset)/FS))$	N (NK / m)	(Wi* sen α i)
1	7,38	26,41	77	32,807137	194,91	3605,76	0	0	1919,12	0,6058942	3167,41	3513,34
2	7,38	33,44	56	13,197592	246,79	4565,56	0	0	2376,92	0,8833164	2690,91	3785,02
3	7,38	37,71	45	10,436896	278,30	5148,55	0	0	2654,99	0,9835598	2699,37	3640,57
4	7,38	46,13	37	9,240761	340,44	6298,13	0	0	3203,31	1,0339232	3098,21	3790,31
5	7,38	48,38	29	8,437953	357,04	6605,32	0	0	3349,84	1,0641626	3147,86	3202,32
6	7,38	39,01	22	7,959586	287,89	5326,04	0	0	2739,65	1,0736414	2551,74	1995,17
7	7,38	26,76	14	7,605929	197,49	3653,54	0	0	1941,91	1,0648784	1823,60	883,87
8	7,38	27,71	2	7,384498	204,50	3783,25	0	0	2003,78	1,0130353	1977,99	132,03
9	7,38	27,7	8	7,452527	204,43	3781,88	0	0	2003,12	1,0446797	1917,45	526,34
10	7,38	28,29	5	7,408190	208,78	3862,43	0	0	2041,55	1,0302694	1981,57	336,63
11	7,38	25,17	11	7,518129	185,75	3436,46	0	0	1838,37	1,0562265	1740,50	655,71
12	7,38	18,16	18	7,759791	134,02	2479,38	0	0	1381,87	1,0718709	1289,21	766,17
13	7,38	16,53	25	8,142929	121,99	2256,84	0	0	1275,72	1,0715361	1190,55	953,78
14	7,38	4,84	32	8,702337	35,72	660,81	0	0	514,45	1,0552272	487,52	350,17
15	7,38	0,5	46	10,623927	3,69	68,27	0	0	231,82	0,9758940	237,55	49,11
Σ											30001,44	24580,55
											FS	1,22

Nota: Elaboración Propia (2026).

Iteración	Fs. (Supuesto)	Fs (Final)
1	1	1,17
2	1,17	1,21
3	1,21	1,22
4	1,22	1,22

Ilustración 21. Perfil 1. Método de dovelas



Nota: Elaboración Propia (2026).

Interpretación

En condición natural, correspondiente a la época seca, del Perfil 1 mediante el método de Bishop Simplificado considera 15 dovelas y determina la relación entre los momentos resistentes y los momentos actuantes. Los momentos resistentes alcanzan una sumatoria de 30 001,44 kN/m, mientras que los momentos actuantes alcanzan 24 580,55 kN/m, por lo que en esta condición la capacidad resistente calculada del suelo es superior a las acciones que favorecen el deslizamiento. Esta resistencia está relacionada principalmente con la cohesión, el ángulo de fricción y el esfuerzo normal generado por el peso de las dovelas. Sin embargo, al relacionar ambos componentes mediante el proceso iterativo de Bishop, se obtiene un factor de seguridad de 1,22, que está por debajo de 1,50. Por tanto, aunque en condición seca los momentos resistentes son mayores que los actuantes, la resistencia disponible no alcanza el nivel requerido para considerar estable al Perfil 1.

Perfil 1. Saturado (época lluviosa):

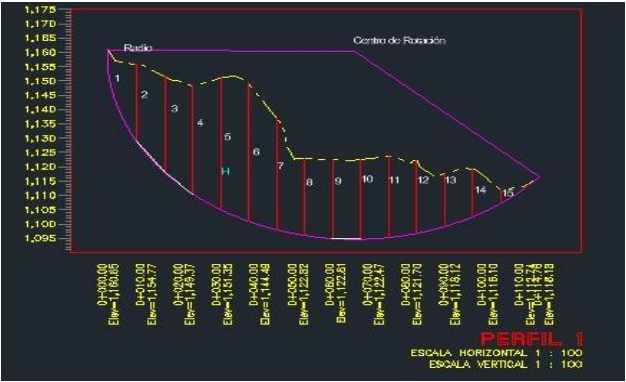
Tabla 22. Calculo Método Bishop

METODO DE BISHOP										$m \alpha$	Momentos de resistencia	Momento actuante
Dovela	b(m)	H (m)	$\alpha (^{\circ})$	$L(m) = b/\cos \alpha ^{\circ}$	$A(m^2) = b * H$	$W(kN/m) = y * A * (1)$	h_w	$u(KN/m^2) = y_w * h_w$	$c'' bi + (Wi - Ui bi) Tan \emptyset$	$\cos \alpha (1 + ((\tan \alpha i \tan \emptyset)/FS))$	N (NK / m)	$(Wi * \sen \alpha i)$
1	7,38	26,41	77	32,807137	194,91	3898,12	22,08	216,562	1116,68	0,9260358	1205,87	3798,21
2	7,38	33,44	56	13,197592	246,79	4935,74	27,95	274,208	1367,76	1,1557071	1183,49	4091,92
3	7,38	37,71	45	10,436896	278,30	5566,00	31,52	309,222	1520,27	1,2158886	1250,34	3935,75
4	7,38	46,13	37	9,240761	340,44	6808,79	38,56	378,266	1821,00	1,2316571	1478,49	4097,63
5	7,38	48,38	29	8,437953	357,04	7140,89	40,44	396,716	1901,36	1,2234529	1554,09	3461,97
6	7,38	39,01	22	7,959586	287,89	5757,88	32,61	319,882	1566,70	1,1967231	1309,16	2156,94
7	7,38	26,76	14	7,605929	197,49	3949,78	22,37	219,432	1129,18	1,1443648	986,73	955,54
8	7,38	27,71	2	7,384498	204,50	4090,00	23,16	227,222	1163,11	1,0245019	1135,30	142,74
9	7,38	27,7	8	7,452527	204,43	4088,52	23,15	227,14	1162,76	1,0904068	1066,35	569,01
10	7,38	28,29	5	7,408190	208,78	4175,60	23,65	231,978	1183,83	1,0589055	1117,97	363,93
11	7,38	25,17	11	7,518129	185,75	3715,09	21,04	206,394	1072,40	1,1189192	958,42	708,87
12	7,38	18,16	18	7,759791	134,02	2680,42	15,18	148,912	822,03	1,1734023	700,55	828,29
13	7,38	16,53	25	8,142929	121,99	2439,83	13,82	135,546	763,81	1,2103927	631,04	1031,12
14	7,38	4,84	32	8,702337	35,72	714,38	4,05	39,688	346,29	1,2293388	281,69	378,57
15	7,38	0,5	46	10,623927	3,69	73,80	0,42	4,1	191,29	1,2122421	157,80	53,09
										Σ	15017,30	26573,57
											FS	0,57

Nota: Elaboración Propia (2026).

Iteración	Fs (Supuesto)	Fs (Final)
1	1	0,65
2	0,65	0,59
3	0,59	0,57
4	0,57	0,57

Ilustración 22. Perfil 1. Método de dovelas



Nota: Elaboración Propia (2026).

Interpretación

Mediante el método de Bishop Simplificado bajo condición saturada, considerando 15 dovelas que representan diferentes sectores de la superficie potencial de falla. En esta condición se incorpora la presión de poros generada por la presencia de agua, cuyos valores varían entre las dovelas, evidenciando que la saturación influye directamente sobre las fuerzas resistentes disponibles en cada sección del talud. Al comparar los resultados obtenidos, se observa que la sumatoria de los momentos de resistencia alcanza 15 017,30 kN/m, mientras que los momentos actuantes alcanzan 26 573,57 kN/m; por tanto, las acciones que favorecen el movimiento son superiores a la capacidad resistente calculada.

Esta relación se refleja que el factor de seguridad disminuye a 0,57, evidenciando una condición de inestabilidad más crítica que en época seca. La presencia de presión de poros y el incremento del peso del suelo reducen las condiciones de resistencia del talud, por lo que la época lluviosa constituye el escenario más desfavorable para su estabilidad.

Análisis

Al obtener los resultados de los perfiles, evidencia que el talud no alcanza la condición de estabilidad requerida en ninguna de las dos condiciones analizadas, con factores de seguridad de 1,22 en época seca y 0,57 en época lluviosa. Ambos valores se encuentran por debajo del factor de seguridad de referencia de 1,50, por lo que el talud presenta una condición de estabilidad insuficiente tanto en época seca como en época lluviosa. No obstante, la condición saturada constituye el escenario más crítico, debido a que el factor de seguridad disminuye aproximadamente un 53 % respecto a la condición seca. Esta reducción se relaciona con la presencia de agua y el incremento de la presión de poros, condiciones que disminuyen la resistencia efectiva del suelo y generan un comportamiento menos favorable para la estabilidad del talud

Perfil 2. Natural (época seca):

Tabla 23. Calculo Método Bishop

Metodo de Bishop											m α	Momento de resistencia de Bishop	Momento actuante
Dovelas	b(m)	H (m)	α (°)	L(m) = b/cosα °	A(m²) = b * H	A(m²) = b * H	W(kN/m) = y * A * (1	h _w	u(KN/m²) = y _w * h _w	c" bi + (Wi - Ui bi) Tanθ	cos α (1 + ((tan α i tanθ)/FS))	N	D(Wi* sen αi)
1	7.68	22.53	60		15.36	173.0304	3201.0624	0	0.41	1732.686543	0.913	1897.64	2772.20
2	7.68	32.32	53		12.76139628	248.2176	4592.0256	0	0.41	2396.141956	0.983	2438.21	3667.35
3	7.68	41.21	41		10.17609979	316.4928	5855.1168	0	0.41	2998.605554	1.068	2808.65	3841.30
4	7.68	40.9	34		9.263753845	314.112	5811.072	0	0.41	2977.597262	1.096	2717.38	3249.51
5	7.68	35.42	26		8.544782903	272.0256	5032.4736	0	0.41	2606.224876	1.108	2352.43	2206.09
6	7.68	30.06	22		8.283146824	230.8608	4270.9248	0	0.41	2242.984731	1.106	2028.27	1599.92
7	7.68	32.34	16		7.989499667	248.3712	4594.8672	0	0.41	2397.49733	1.093	2194.04	1266.52
8	7.68	34.98	12		7.851575769	268.6464	4969.9584	0	0.41	2576.406655	1.077	2391.50	1033.31
9	7.68	35.83	5		7.709336352	275.1744	5090.7264	0	0.41	2634.010036	1.038	2538.15	443.69
10	7.68	31.73	4		7.698753777	243.6864	4508.1984	0	0.41	2356.158433	1.031	2285.68	314.48
11	7.68	26.16	8		7.755475757	200.9088	3716.8128	0	0.41	1978.686865	1.057	1872.60	517.28
12	7.68	19.95	14		7.915112673	153.216	2834.496	0	0.41	1557.843339	1.086	1434.89	685.73
13	7.68	13.6	21		8.226393551	104.448	1932.288	0	0.41	1127.512198	1.105	1020.82	692.47
14	7.68	4.95	27		8.619465505	38.016	703.296	0	0.41	541.3130837	1.108	488.75	319.29
											Σ	Fs	1.22

Nota: Elaboración Propia (2026).

iterativo	Fs (supuesto	Fs Final
1	1	1.22
2	1.22	1.27
3	1.27	1.27

Ilustración 23. Perfil 2. Método de dovelas



Nota: Elaboración Propia (2026).

Interpretación:

En el perfil 2 se realizó 14 dovelas de 7,68 m de ancho, con alturas comprendidas entre 4,95 m y 41,21 m y ángulos de inclinación de la base entre 4° y 60° (Tabla 20). Se adoptaron parámetros geotécnicos representativos del material en estado natural: peso unitario de 18,5 kN/m³, cohesión de 27 kPa y ángulo de fricción interna de $25,5^{\circ}$. En esta condición no se consideró presión de poros, por lo que la resistencia al corte movilizada depende únicamente de la cohesión y de la fricción efectiva a lo largo de la superficie de falla.

El proceso iterativo convergió a un factor de seguridad de 1,27 (Tabla 20), lo que indica que las fuerzas resistentes superan en un 27 % a las fuerzas actuantes. Por lo tanto, el talud se encuentra en equilibrio estable en condición natural, aunque con un margen limitado. Este valor es inferior al mínimo de 1,5 que suele exigirse para análisis estáticos de largo plazo, de modo que la estabilidad no puede considerarse plenamente satisfactoria desde el punto de vista normativo. El resultado sugiere que el talud es sensible a cualquier factor que reduzca su resistencia, como la infiltración de agua, la pérdida de cohesión por meteorización o la sobrecarga en la corona.

Perfil 2. Saturado (época lluviosa):

Tabla 24. Calculo Método Bishop

Metodo de Bishop											m α	Momento de resistencia de Bishop	Momento actuante
Dovelas	b(m)	H(m)	α (°)	L(m) = b/cosα °	A(m²) = b * H	A(m²) = b * H	W(kN/m) = y * A * (1	h _w	u(kN/m²) = y _w * h _w	c° bi + (Wi - Ui bi) Tanθ	cos α (1 + ((tan α i tanθ)/FS))	N	D(Wi* sen αi)
1	7.68	22.53	60		15.36	173.0304	3460.608	18.8324159	184.746	1017.866278	1.082	940.49	2996.97
2	7.68	32.32	53		12.76139628	248.2176	4964.352	27.01569827	265.024	1381.737191	1.139	1213.36	3964.71
3	7.68	41.21	41		10.17609979	316.4928	6329.856	34.44668705	337.922	1712.157254	1.196	1431.80	4152.76
4	7.68	40.9	34		9.263753845	314.112	6282.24	34.18756371	335.38	1700.635294	1.205	1411.31	3512.98
5	7.68	35.42	26		8.544782903	272.0256	5440.512	29.6069317	290.444	1496.956785	1.194	1254.23	2384.96
6	7.68	30.06	22		8.283146824	230.8608	4617.216	25.1266055	246.492	1297.73839	1.179	1100.67	1729.64
7	7.68	32.34	16		7.989499667	248.3712	4967.424	27.0324159	265.188	1382.480543	1.147	1205.74	1369.21
8	7.68	34.98	12		7.851575769	268.6464	5372.928	29.23914373	286.836	1480.603036	1.118	1324.41	1117.09
9	7.68	35.83	5		7.709336352	275.1744	5503.488	29.94964322	293.806	1512.195506	1.055	1433.64	479.66
10	7.68	31.73	4		7.698753777	243.6864	4873.728	26.52252803	260.186	1359.8083	1.044	1301.92	339.97
11	7.68	26.16	8		7.755475757	200.9088	4018.176	21.86666667	214.512	1152.784706	1.084	1063.61	559.22
12	7.68	19.95	14		7.915112673	153.216	3064.32	16.67584098	163.59	921.9738415	1.133	813.78	741.33
13	7.68	13.6	21		8.226393551	104.448	2088.96	11.36799185	111.52	685.959511	1.175	584.03	748.62
14	7.68	4.95	27		8.619465505	38.016	760.32	4.137614679	40.59	364.459675	1.196	304.67	345.18
												13681.17	22607.19
												Σ Fs	0.61

Nota: Elaboración Propia (2026).

iterativo	Fs (supuesto)	Fs Final
1	1	0.67
2	0.67	0.62
3	0.62	0.61
4	0.61	0.61
5	0.61	0.61

Ilustración 24. Perfil 2. Método de dovelas



Nota: Elaboración Propia (2026).

Interpretación:

Para evaluar el efecto del agua sobre la estabilidad, se repitió el análisis con la misma geometría y superficie de falla, considerando el material en condición saturada. Los parámetros se modificaron a un peso unitario de $20,0 \text{ kN/m}^3$, una cohesión de $23,5 \text{ kPa}$ y un ángulo de fricción de $22,3^\circ$. Se incorporó además la presión de poros en la base de cada dovela, con valores máximos de aproximadamente 337 kPa en la dovela central (dovela 3), lo que reduce el esfuerzo normal efectivo disponible para movilizar la resistencia por fricción.

El factor de seguridad obtenido fue de $0,61$ (Tabla 22), valor inferior a la unidad, lo que indica que las fuerzas actuantes superan ampliamente a las resistentes y que el talud es inestable bajo esta condición. Esta pérdida de estabilidad responde a tres efectos combinados: (i) el incremento del peso unitario, que aumenta el momento actuante en aproximadamente un 8% ; la disminución de los parámetros de resistencia (c y ϕ); y la presencia de presión de poros, que reduce de forma significativa el esfuerzo efectivo. En conjunto, la saturación provoca una reducción cercana al 52% del factor de seguridad respecto a la condición natural (de $1,27$ a $0,61$), lo que evidencia que el agua es el principal factor desencadenante de la inestabilidad. Se recomienda, por tanto, plantear medidas de mitigación como drenaje superficial y subhorizontal, reperfilado del talud o estructuras de contención.

Análisis

Al obtener los resultados de los perfiles, evidencia que el talud no alcanza la condición de estabilidad requerida en ninguna de las dos condiciones analizadas, con factores de seguridad de $1,22$ en época seca y $0,57$ en época lluviosa. Ambos valores se encuentran por debajo del factor de seguridad de referencia de $1,50$, por lo que el talud presenta una condición de estabilidad insuficiente tanto en época seca como en época lluviosa. No obstante, la condición saturada constituye el escenario más crítico, debido a que el factor de seguridad disminuye aproximadamente un 53% respecto a la condición seca. Esta reducción se relaciona con la

presencia de agua y el incremento de la presión de poros, condiciones que disminuyen la resistencia efectiva del suelo y generan un comportamiento menos favorable para la estabilidad del talud.

4.1.3. Objetivo 3. Proponer medidas de mitigación ante el riesgo de deslizamientos en el talud ubicado en la abscisa 64+000.

Se estableció el diseño de una medida de mitigación consistente en un pie de muro ubicado en la base del talud estudiado estructura que fue concebida con el propósito de incrementar la estabilidad global del sistema actuando como elemento de contención frente a los empujes generados por el material. El diseño considera su ubicación estratégica en el pie del talud donde se concentran las fuerzas desestabilizadoras, permitiendo mejorar la resistencia al deslizamiento y contribuyendo al incremento del factor de seguridad del sistema analizado. La estructura propuesta responde a las condiciones geotécnicas del terreno y a los resultados obtenidos en el análisis de estabilidad, constituyéndose en una solución técnica viable y efectiva para la mitigación del riesgo identificado en la zona

4.2. Comprobación de hipótesis

Hipótesis

H_I: Si el factor de seguridad (FS) del talud en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba es menor a 1,5 el talud presenta condiciones de inestabilidad frente a la amenaza de deslizamiento.

H₀: Si el factor de seguridad (FS) del talud en la abscisa 64+000 de la vía Guaranda – Balsapamba es mayor o igual a 1,5 el talud se considera estable frente a la amenaza de deslizamiento.

Mediante la comprobación del método de Bishop se obtuvo los siguientes resultados:

Perfil 1 Natural (época seca): $F_s = 1.22$

Perfil 1 Saturado (época lluviosa): $F_s = 0.57$

Perfil 2 Natural (época seca): $F_s = 1.22$

Perfil 2 Saturado (época lluviosa): $F_s = 0.61$

Las dos condiciones analizadas cumplen la condición $FS < 1,5$.

Por lo tanto:

- Se acepta la hipótesis alterna (H_1)
- Se rechaza la hipótesis Nula (H_0)

Dado que ambos resultados cumplen con la condición $F_s < 1,5$ se determina que el talud ubicado en la abscisa 64+000 en la vía Guaranda – Balsapamba presenta condiciones de inestabilidad frente a la amenaza de deslizamiento.

Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa (H_1) , y se rechaza la hipótesis nula (H_0), comprobando que un factor de seguridad menor a 1,5 se considera que el talud es inestable.

5. CAPÍTULO V. PROPUESTA

Introducción

El talud ubicado en la abscisas 64 + 000 de la vía Guaranda-Balsapamba presenta una condición de inestabilidad que compromete su equilibrio natural y presenta un riesgo para la infraestructura vial y para los usuarios que transitan por el sector, esta problemática se relaciona con la configuración geométrica del talud las características geotécnicas del material que lo conforman y la influencia del agua sobre su comportamiento mecánico, factores que en conjunto pueden desencadenar procesos de deslizamiento, erosión y pérdida progresiva de soportes en la base. En la presente investigación plantea el diseño de un pie de muro como medida de mitigación para la estabilización del talud, orientada a reforzar la vulnerabilidad presente mediante una solución técnica ajustada a las condiciones reales del sitio y que corresponde de manera efectiva las necesidades de seguridad vial y protección a largo plazo.

Justificación:

La propuesta responde a la necesidad de intervenir un talud previamente identificado como inestable, cuyas condiciones desfavorables, sumadas a la influencia de factores desencadenantes, han alterado su equilibrio natural; esta situación, en consecuencia, genera vulnerabilidad del terreno y pone en riesgo la funcionalidad de la infraestructura vial.

El análisis de estabilidad realizado mediante el método de Bishop evidencia un factor de seguridad insuficiente, lo que demuestra la necesidad de incrementar la estabilidad mediante una medida de mitigación estructural adecuada; es así que se propone el diseño e implementación de un pie de muro como una solución pertinente, ya que actúa directamente sobre la base del talud, reduciendo los desplazamientos de tierra y mejorando la resistencia del suelo.

Dado que el talud se ubica en una vía de importancia para la conectividad regional, la intervención adquiere carácter prioritario desde la perspectiva de la seguridad vial y la continuidad de servicio; asimismo, la solución propuesta contempla la integración con medidas complementarias de drenaje y control superficial.

Objetivo General

Diseñar un pie de muro de hormigón armado que permita la estabilización y brinde soporte estructural a las terrazas

Descripción Técnica Propuesta

La propuesta de intervención consiste en la construcción de un pie de muro de hormigón armado de 40 cm de espesor y una altura de 3 m, el cual será implantado en la base del talud del área de estudio esta estructura será diseñada con el propósito de estabilizar el talud y proporcionar soporte estructural a las terrazas conformadas, permitiendo mejorar el comportamiento del terreno frente a cargas y a los empujes laterales generados por la masa del suelo, la incorporación del pie de muro incrementa la resistencia del sistema, lo cual limita los

desplazamientos del material y contribuye a mantener la estabilidad de las terrazas, reduciendo así la probabilidad de fallas asociadas a procesos de deslizamiento. De esta manera la ejecución de esta obra constituye una medida de mitigación orientada a fortalecer las condiciones de seguridad vial.

Parámetros de Diseño

Tabla 25. Parámetros de diseño

DATOS			
altura de la terraplen	He	3.00	m
Peso específico del suelo	γ	2.00	t/m3
Angulo de friccion del suelo	ϕ	30	grados
Recubrimiento del Muro	rec muro	5	cm
Resistencia del Hormigon	fc	210	kg/cm2

Nota: Elaboración Propia (2026).

Resultado del Calculo Estructural

Tabla 26. Calculo estructural

Calculos			
Altura total	Ht	22,00	m
Angulo de friccion del suelo	ϕ	22,30	radianes
Coeficiente de empuje	Ka	0,67	
Presion del suelo parte inferior	P1	29,48	t/m2
Presion del suelo parte superior	p2	25,46	t/m2
Presion Media	PT	27,47	t/m2
Empuje	E	123,62	t/m2
Empuje Distribuida	Ed	41,21	t/m2
Momento Ultimo	Mu	37,08	t-m
Espesor del Muro	em	39,90	cm
Espesor definitivo	Ed	40,00	cm

Nota: Elaboración Propia (2026).

Diseño estructural del pie de muro

Tabla 27. Estructural del pie de muro

Aceros			
Acero Vertical	As (vertical)	31,79	cm2
Diametro Acero	ϕ	20	mm
	sep	10	cm
		OK	
Acero Horizontal	As minimo	7,20	cm2
Diametro Acero	ϕ	16	mm
	sep	28	cm
		OK	

Nota: Elaboración Propia (2026).

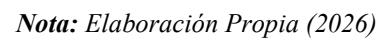
Resultados del metrado de acero y encofrado:

Tabla 28. metrado de acero y encofrado

Concepto	Resultado
Acero vertical del terraplén	6199,2 kg
Acero horizontal del terraplén	1507,2 kg
Acero de la zapata	423,9 kg
Acero vertical de la zapata	1771,2 kg
Área total de encofrado	270,0 m ²
Acero total de los estribos	60 kg
Tubería total	20 m

Nota: Elaboración Propia (2026).

Ilustración 25. Plano del Pie de Muro



Presupuesto Estimado

Tabla 29. Presupuesto estimado

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL DE UN PIE DE MURO EN LA PARROQUIA RAI SAPAMBA PROVINCIA: BOLIVAR CANTON: GUARANDA PARROQUIA BALSAPAMBA					
RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	CERRAMIENTO PROVISIONAL H= m (MALLA - PINGO)	M	170.00	7.69	1,307.30
2	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	1,750.00	1.16	2,030.00
3	EXCAVACION MANUAL	M3	75.00	9.45	708.75
4	DESALOJO MECANICO VOLQUETA TIERRA/ESCOMBROS D=5km	M3	75.00	3.77	282.75
OBRAS GENERALES					
5	HORMIGON S. f'c=210 kg/cm2 CON ENCOFRADO	M3	82.54	185.20	15,286.41
6	ACERO DE REFUERZO f'y= 4200 kg/cm2	KG	9,901.30	1.96	19,406.55
7	Drenaje - tubería PVC	M	20.00	6.50	130.00
8	Orden y Limpieza	Glogal	1.00	450.00	450.00
				TOTAL	39,021.76
NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. PRECIO TOTAL DE LA OFERTA (DE LOS RUBROS OFERTADOS) SON: TREINTA Y NUEVE MIL VEINTIUNO dólares SETENTA Y SEIS centavos					

Nota: Elaboración Propia (2026).

Cronograma de proyectos y ejecución:

Tabla 30. Cronograma de proyectos y ejecución

[illegible]

Nota: Elaboración Propia (2026).

CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo mediante la caracterización del sitio permitió identificar que el talud presenta una pendiente pronunciada y está constituido predominantemente por un suelo clasificado como limo orgánico de alta plasticidad, cuyas propiedades geotécnicas lo hacen susceptible a la pérdida de resistencia cuando aumenta su contenido de humedad. Asimismo, se determinó que las precipitaciones constituyen el principal factor desencadenante de los procesos de inestabilidad, debido a la saturación del suelo mientras que la actividad sísmica presenta un factor de aceleración sísmica de 0,33g en consecuencia la interacción entre las características intrínsecas y el talud y los factores externos identificados evidencia una alta susceptibilidad en la ocurrencia de deslizamiento.
- Para concluir con el segundo objetivo con base los parámetros geotécnicos del suelo mediante el ensayo de laboratorios realizados en condición saturada, en temporada lluviosa escenario más crítico debido al incremento del contenido humedad. Se desarrollo el cálculo del factor de seguridad realizado manualmente mediante el método de Bishop. Los resultados obtenidos se encuentran por debajo del factor de seguridad mínimo de 1,5 establecidos en la Normas Ecuatorianas de Construcciones (NEC), lo cual demuestra que el talud presenta condiciones de inestabilidad y un alto riesgo de falla.
- Se cumplió el tercer objetivo mediante la propuesta de un pie de muro de hormigón armado como alternativa de mitigación técnicamente viable, sustentada en los factores de seguridad obtenidos de 1,22 en temporada seca y 0,57 en temporada lluviosa, ambos inferiores al valor mínimo de 1,50. Estos resultados evidencian la necesidad de implementar medidas de estabilización, por lo que se planteó una estructura diseñada a

partir de las características geométricas y geotécnicas del talud, considerando los empujes generados por el terreno y los criterios de diseño estructural.

RECOMENDACIONES:

- Cómo hacen la caracterización de las condiciones intrínsecas del talud, se recomienda efectuar programas de monitoreo e inspecciones técnicas periódicas, orientadas a verificar la evolución de sus características geotécnicas, así como las condiciones de drenaje superficial, particularmente durante las épocas de mayor precipitación. Este seguimiento contribuirá a detectar oportunamente cambios que puedan alterar la estabilidad del talud y facilitar la aplicación de medidas preventivas
- Considerando los resultados obtenidos mediante el método de Bishop, se recomienda que cualquier intervención que modifique la geometría o las condiciones del talud sea previamente evaluado mediante un nuevo análisis de estabilidad. De esta manera posible comprobar que las condiciones de seguridad se mantienen dentro de los valores aceptables y reducir el riesgo asociado a posibles procesos de remoción en masa.
- Si bien el pie de muro constituye la medida principal de mitigación propuesta en esta investigación para mejorar la estabilidad del talud, se recomienda complementar esta intervención con medidas de protección superficial, tales como la instalación de geomantos para el control de la erosión, o bien mallas metálicas en los sectores donde se evidencia desprendimiento de material; de este modo, la combinación de estas medidas contribuirá a incrementar la durabilidad de la intervención y, a su vez, reducir los procesos de degradación superficial del talud.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, I. (1999). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Scielo*.
- Amador, Á. (2019). *Factor de seguridad en taludes y laderas inestables: orden de magnitud*. Igenio.Xyz. <https://ingenioxyz.com/articulos/20190509-factor-de-seguridad-en-taludes>
- Asamblea Nacional. (2009). Ley Orgánica De Seguridad Pública y del Estado. *Registro Oficial Suplemento 35*, 1–16.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). Ley Orgánica De Ordenamiento Territorial, Uso Y Gestión De Suelo. *Registro Oficial*, 1–31.
- Bustillos Arequipa, J. E., Arciniega, F., Freire, A., Gómez, P., Iles, M., Masapanta, E., Quinto, V., & Toro, E. (2022). *Una breve caracterización de los fenómenos de remoción en masa (FRM): Sigchos-Ecuador*. 1.
- Catanzariti, F. (2016). *Estabilidad de taludes homogéneos*. 41, 57.
- Cesar, V. (2021). “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE UNA EXTENCIÓN DE 260 METROS EN LA VIA PAPALLACTA BAEZA, SECTOR CUYUJA” (p. 22).
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008*. 101–168. <https://doi.org/10.2307/jj.22679799.8>
- COOTAD. (2010). Código Orgánico De Organización Territorial, COOTAD. *Registro Oficial*.
- EGC Consulting. (2025). *Taludes :Tipos, Estabilidad, Métodos de Análisis y Técnicas*. <https://egcconsulting.net/taludes-tipos-estabilidad-metodos-de-analisis-y-tecnicas-de-mantenimiento/>
- Fuentes Jazmin. (2021). *Evaluación de la estabilidad de los taludes en la avenida Simón Bolívar, en el tramo comprendido entre La Forestal y el colegio Ludoteca, cantón Quito, provincia de Pichincha*. (Figura 1).
- Gómez, E., Ortiz, E., & Guevara, D. (2024). *Diseño de Estabilidad de talud del sector de la*

Simbocal, vía Margarita-San Vicente, provincia de Manabí. 9(3).

Gustavo Pilamunga. (2025). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas.*

<https://lanacion.com.ec/mtop-interviene-puntos-criticos-la-via-guaranda-balzapamba/>

Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2020). *INVESTIGACIÓN.*

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER. (2005). Recomendaciones técnicas para su elaboración: Inestabilidad de laderas. *Proyecto MET-ALARN*.

Lees, A. (2021). *¿Qué es un deslizamiento de tierra? Tipos, causas, efectos y prevención.*

https://www.tensarinternational-com.translate.google/resources/articles/what-is-a-landslide?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. (2024). Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. *Registro Oficial Suplemento 488*, 1–48.

Lily, H., & Gabriel, F. (2024, September 6). *Propiedades Geotécnicas: Suelo & Definición | StudySmarter.*

<https://www.studysmarter.es/resumenes/geografia/geociencias/propiedades-geotecnicas/>

Longa, J. (2023). *¿Qué es el factor de seguridad?* <https://es.linkedin.com/pulse/Qué-Es-El-Factor-de-Seguridad-Jens-Hans-Longa-Cruzado>. <https://es.linkedin.com/pulse/qué-es-el-factor-de-seguridad-jens-hans-longa-cruzado>

Maldonado, Y. (2022). *Deslizamientos y tipos de deslizamientos.* GEOLOGIAWEB.

<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/>

Non-Commercial, A. (2023). *Definición y partes del talud.* SCRIBD.

<https://es.scribd.com/document/200963309/Talud-y-Partes-de-Talud>

Ocles Maria. (2018). *SECRETARIA DE GESTION DE RIESGOS RESOLUCION N° SGR-056-2018.*

Pachay-Alonzo, L. E., García-Vinces, L. J., & Zevallos-Loor, M. G. (2021). “Determinación de zonas susceptibles ante movimientos en masa utilizando metodología INSAR, Análisis

- Morfométrico y el Índice de Estabilidad (Mohr-Coulomb). Caso: Campus de la Universidad Técnica de Manabí (Portoviejo, Manabí, Ecuador).” *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 1776–1798. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2471>
- PDOT_BALSAPAMBA. (2024). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Balsapamba*.
- Permanent International Association of Road Congresses. (2023). *Medidas de mitigación | Manual de Gestión de Desastres - PIARC (Asociación Mundial de la Carretera)*. <https://disaster-management.piarc.org/es/mitigacion/medidas-de-mitigacion>
- Prado Adan & Aguilar Juan. (2020). *ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD QUE EN EL KM 176, DE LA CARRETERA NIC.7 EN EL MUNICIPIO DE SANTO TOMÁS, DEL DEPARTAMNETO CHONTALES*. 7.
- Servicio Nacional de Contratación Pública. (2018). *SERVICIO NACIONAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA*. (Agost), 4–7.
- Suarez Jaime. (2021, May 22). *Mecanismos de falla - EROSION*. www.erosion.com.co
- UNISDR, Naciones Unidas, & Asamblea Nacional. (2016). Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres, Asamblea General, Naciones Unidas, 2016). *Organización de Las Naciones Unidas*, 21184, 1–39.
- Vélez, D. G. A. (2022). *The social perception of landslide risk in the Portoviejo Canton of Ecuador*. 12. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4425/10532>
- vestaliablog. (2022). *Qué es un talud y para qué sirve*. Vestalia.Es. <https://vestalia.es/actualidad/que-es-un-talud-y-para-que-sirve/>
- Zulluaga, D. (2016). *Análisis de Estabilidad de Taludes 3D considernado el efectp de la infiltración por precipitaciones*. Universidad Nacional Autónoma de México.

ANEXOS:

Anexos 1: Salida de Campo



Anexos 2. Inspección Visual del área de estudio



Anexos 3. Presencia de Grietas



Anexos 4: Talud inestable





Anexos 5: Ensayos de granulometría:

TABLA GRANULOMETRICA					
TAMAÑO TAMIZ N.	ABERT. (mm)	PESO PARCIAL (gr)	% Retenido	% Retenido Acumul.	% Q'Pasa
#4	4,75	99,11	14,51	14,51	85,49
#8	2,36	66,99	9,81	24,32	75,68
#10	2,00	60,69	8,89	33,21	66,79
#16	1,18	62,20	9,11	42,31	57,69
#30	0,60	61,82	9,05	51,37	48,63
#40	0,43	61,07	8,94	60,31	39,69
#50	0,30	62,68	9,18	69,49	30,51
#100	0,15	69,08	10,11	79,60	20,40
#200	0,08	75,40	11,04	90,64	9,36
		63,91	9,36	100,00	0,00
TOTAL		682,95	100,00		

% Bajo # 200 y % de Humedad			
% de Humedad		% Bajo # 200 (Metodo Lavado)	
Nº Tara	9	Nº Tara	9
P.Humd.+Tara	806,70	P.Seco.+Tara	623,20
P.Seco.+Tara	623,20	P.S.Desp.Lav+T	138,08
Peso de Tara	59,89	Peso de Tara	59,89
Peso de Agua	183,50	Perdida Muest.	485,12
P.M.S.-Tara(S)	563,31	P.S.Desp.Lav-T	78,19
Porc.Humd.(%)	32,53	%Bajo # 200	85,12

32,5753138

D60=	1,48	D30=	0,3	D10=	0,075
------	------	------	-----	------	-------

Cu= 19,73 Cc= 0,81

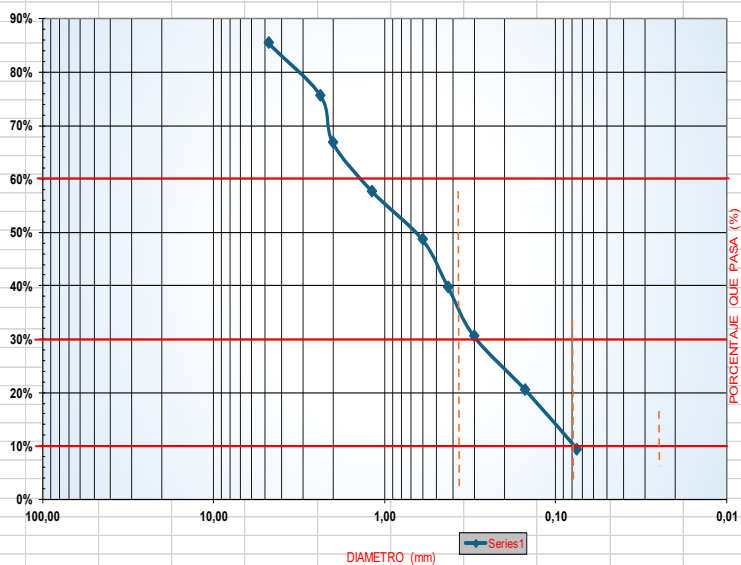
SM-SP

En granulometría por lavado:

$$\%Bajo \# 200 = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso seco después del lavado}}{\text{Peso inicial seco}} \times 100$$

$$\%h = \frac{m_{shum} - m_{ssec}}{m_{ssec}} \times 100$$

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA



Muestra #2

TABLA GRANULOMETRICA					
TAMAÑO TAMIZ N.	ABERT. (mm)	PESO PARCIAL (gr)	% Retenido	% Retenido Acumul.	% Q'Pasa
#4	4,75	214,49	19,32	19,32	80,68
#8	2,36	103,81	9,35	28,68	71,32
#10	2,00	92,93	8,37	37,05	62,95
#16	1,18	96,59	8,70	45,75	54,25
#30	0,60	97,63	8,80	54,55	45,45
#40	0,43	97,05	8,74	63,29	36,71
#50	0,30	96,66	8,71	72,00	28,00
#100	0,15	104,78	9,44	81,44	18,56
#200	0,08	103,01	9,28	90,72	9,28
Fondo		102,98	9,28	100,00	0,00
TOTAL		1109,93	100,00		

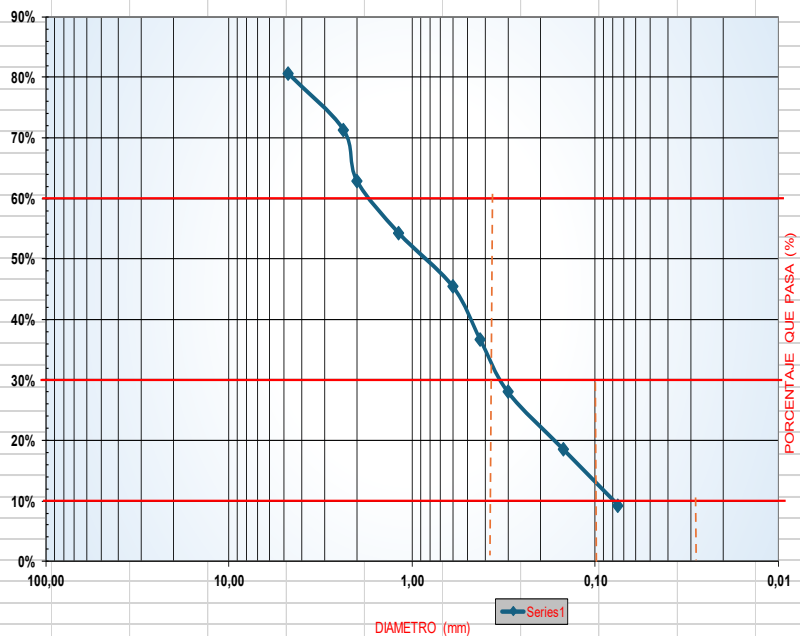
% Bajo # 200 y % de Humedad			
% de Humedad		% Bajo # 200 (Metodo Lavado)	
Nº Tara	8	Nº Tara	8
P.Humd.+Tara	809,20	P.Seco.+Tara	639,80
P.Seco.+Tara	639,80	P.S.Desp.Lav+T	280,63
Peso de Tara	90,80	Peso de Tara	90,80
Peso de Agua	169,40	Perdida Muest.	359,17
P.M.S.-Tara(S)	549,00	P.S.Desp.Lav-T	189,83
Porc.Humd.(%)	30,86	%Bajo # 200	65,42

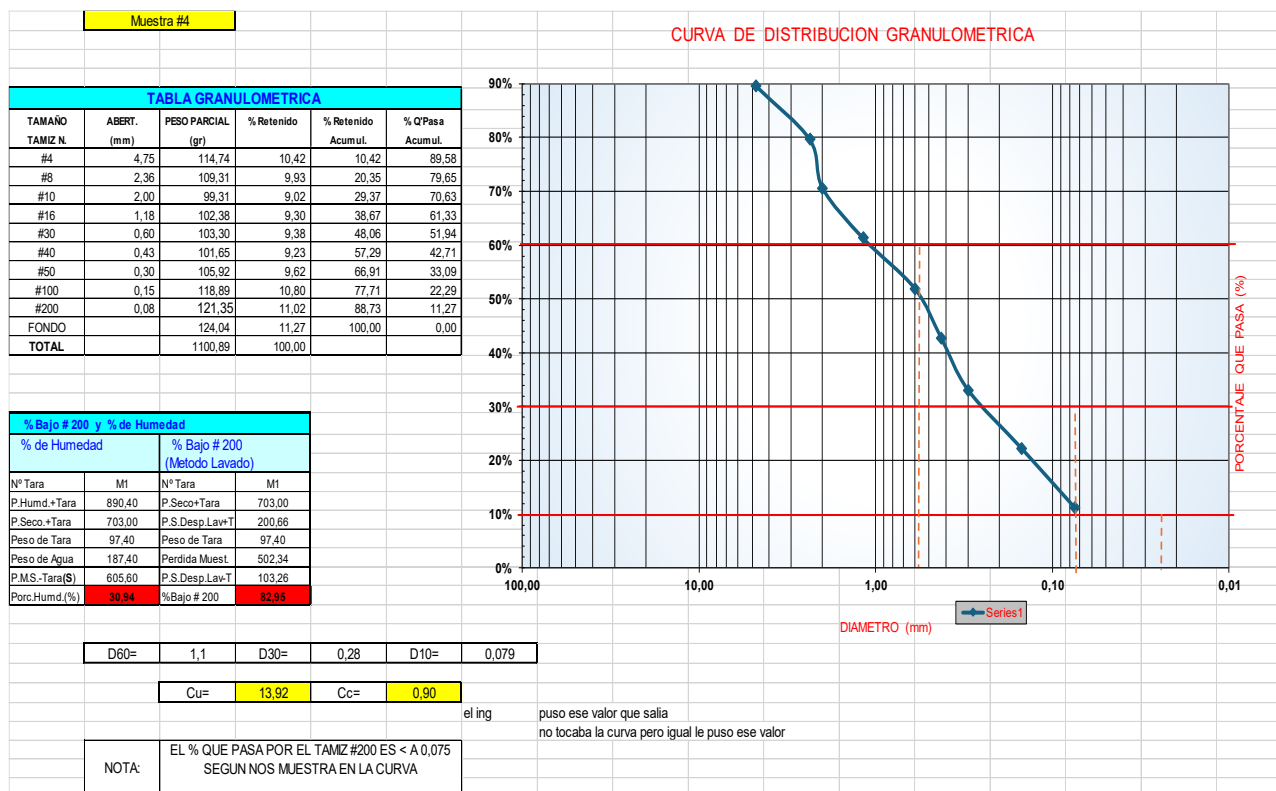
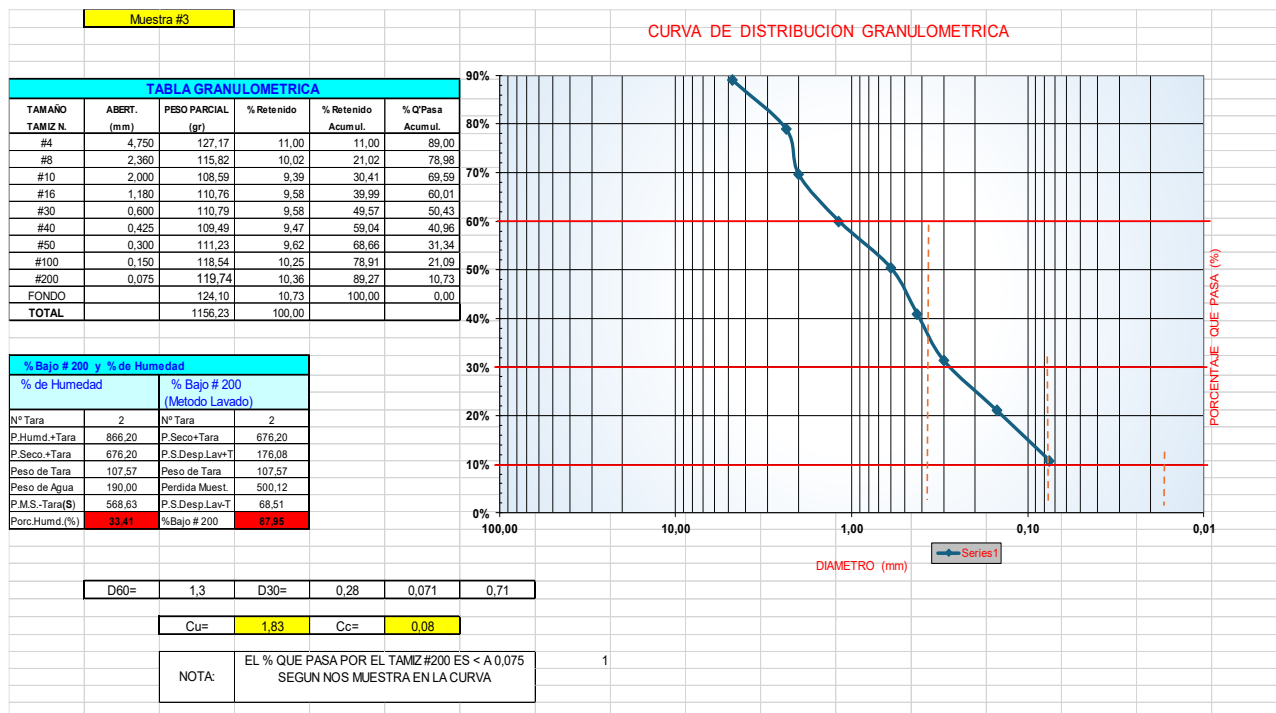
D60=	1,8	D30=	0,32	D10=	0,075
------	-----	------	------	------	-------

Cu= 24,00 Cc= 0,76

SM-SP

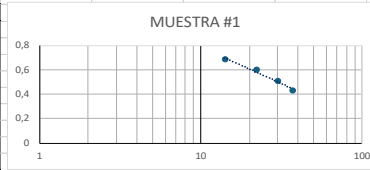
CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA





Anexos 6: Limites de Atterberg

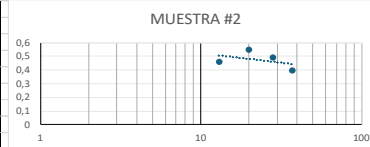
 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
PROYECTO:				Fecha:					
Perforación:		Muestra:							
		Limite liquido				Limite plastico			
MUESTRA No.		#1				#1			
Número de golpes		14	22	30	37	-	-	-	-
Recipiente No.		29	12	110	99	10	19	T	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	21	19,5	22,1	20,2	12,4	12,2	11,2	
	Recipiente + Peso seco	15,7	15,2	17,3	16,5	10,7	10,7	9,9	
	Agua	5,3	4,3	4,8	3,7	1,7	1,5	1,3	
	Peso del Recipiente	8	8	7,9	7,9	6,8	6,4	6,4	
	Peso seco	7,7	7,2	9,4	8,6	3,9	4,3	3,5	
Contenido de Agua		69%	60%	51%	43%	44%	35%	37%	
		#2				#2			
Número de golpes		13	20	28	37	-	-	-	-
Recipiente No.		8	30	10	K	L	28	4	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	19	22,1	22,6	22,2	13,1	14,3	13,7	
	Recipiente + Peso seco	15,5	17,1	17,8	17,9	11,4	12,7	12	
	Agua	3,5	5	4,8	4,3	1,7	1,6	1,7	
	Peso del Recipiente	7,9	8	8	7	6,6	7,8	6,8	
	Peso seco	7,6	9,1	9,8	10,9	4,8	4,9	5,2	
Contenido de Agua		46%	55%	49%	39%	35%	33%	33%	
		#3				#3			
Número de golpes		12	20	29	38	-	-	-	-
Recipiente No.		5	CH	H	18	14	191	M	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	21,2	20,2	21,5	21,4	12,4	13	11,8	
	Recipiente + Peso seco	15,7	15,5	16,8	17,2	10,6	11,3	10,5	
	Agua	5,5	4,7	4,7	4,2	1,8	1,7	1,3	
	Peso del Recipiente	7,6	7,7	7,8	8	6,7	6,7	6,8	
	Peso seco	8,1	7,8	9	9,2	3,9	4,6	3,7	
Contenido de Agua		68%	60%	52%	46%	46%	37%	35%	
		#4				#4			
Número de golpes		15	23	31	37	-	-	-	-
Recipiente No.		F	12	11	43	17	26	27	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	20,4	21,9	21,1	23	13,8	12,7	13,1	
	Recipiente + Peso seco	15,9	17,4	17,3	18,9	12,3	11,2	11,8	
	Agua	4,5	4,5	3,8	4,1	1,5	1,5	1,3	
	Peso del Recipiente	7,8	8	8	7,6	8	6,5	7,9	
	Peso seco	8,1	9,4	9,3	11,3	4,3	4,7	3,9	
Contenido de Agua		56%	48%	41%	36%	35%	32%	33%	
W% =		$\frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 =$				W_w		W_s	



-0,008463355

Limite líquido	55%
Limite plástico	39%
Índice de plasticidad	16%

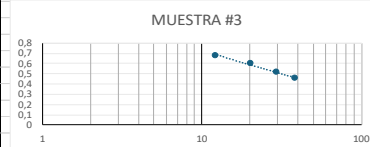
LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



-0,011529143

Limite líquido	56%
Limite plástico	34%
Índice de plasticidad	22%

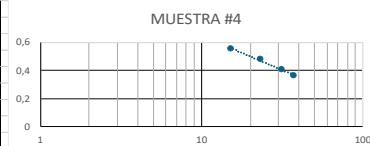
LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



-0,008012767

Limite líquido	55%
Limite plástico	39%
Índice de plasticidad	16%

LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD



-0,011637183

Limite líquido	56%
Limite plástico	33%
Índice de plasticidad	23%

LIMO ORGANICO DE ALTA PLASTICIDAD

