



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIEROS EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y
GESTIÓN DEL RIESGO**

TEMA:

APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA
DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA
VÍA CHIMBO – EL TORNEADO, EN EL PERIODO JUNIO A DICIEMBRE 2022

AUTORES:

KATHERIN JANETH ESTRADA TIGSILEMA

ELVIS XAVIER PUCHA GUAILLA

TUTOR:

ING. LUIS HERNÁN VILLACIS TACO

GUARANDA – ECUADOR

2022

I. CERTIFICACIÓN, EMITIDO POR EL TUTOR(A)

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

Guaranda, 10 de noviembre de 2022.

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., Director de Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA CHIMBO – EL TORNEADO, EN EL PERIODO JUNIO A DICIEMBRE 2022.”; realizado por los señores: Elvis Xavier Pucha Guaylla y Katheryn Janeth Estrada Tigsilema 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, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.



Firmado digitalmente por:
**LUIS HERNAN
VILLACIS**

ING. LUIS VILLACIS TACO MSC.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO

II. DEDICATORIA

Esta tesis la dedico de manera especial a mis padres por su sacrificio y esfuerzo diario que han hecho para formarme como un profesional, por sus consejos de motivación y el apoyo total que me han brindado.

A mis hermanos quienes han sido fundamentales en este proceso brindándome su apoyo moral para seguir estudiando y terminar mi carrera universitaria.

Elvis Xavier Pucha Guaila.

La presente tesis está dedicada al Creador de la Humanidad, ya que gracias a él he logrado culminar mi carrera. A mi tía, a mis hermanos, a mis hijos y mi sobrina, quienes son mi mayor motivación y fortaleza.

A mis apreciados y respetados maestros quienes me impartieron sus sabios conocimientos en el transcurso de mi vida académica, inculcándome día a día esa convicción por ser una profesional de calidad, a mis amigos, compañeros que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

La vida en muchas ocasiones pareciera querer derribarnos, pero he aprendido que si somos pacientes y perseverantes seremos capaces de alcanzar el éxito deseado y cuan más humilde somos, la vida nos ofrecerá la oportunidad para superarnos día tras día.

Katherine Janeth Estrada Tigsilema

III. AGRADECIMIENTO

Doy gracias Dios por guiarme y darme la fortaleza para seguir adelante en mis estudios, a mis padres hermanos y amigos por su apoyo incondicional. A mi director de tesis por estar siempre dispuesto a colaborar brindando sus conocimientos y ayuda necesaria para culminar con este trabajo de investigación.

Gracias a mi esfuerzo y perseverancia tengo la satisfacción de decir que he logrado obtener mi profesión y convertirme en un orgullo para mis padres y hermanos.

Elvis Xavier Pucha Guaila.

Agradezco a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, fomentada en valores éticos y morales, quienes siempre han creído en mí, brindándome su apoyo incondicional, dándome el ejemplo de superación y sacrificio, gracias también a esos ángeles como lo han sido mis amigos verdaderos que se han hecho presente con sus consejos y energías positivas en las distintas etapas de mi vida.

Mis anhelos por superarme de manera personal y académica siempre han estado presentes, pese a los eventos u obstáculos suscitados en mi paso en este mundo.

A todos ellos les dedico el presente trabajo, porque han impulsado en mí, el deseo de superación y de triunfo.

Katherine Janeth Estrada Tigsilema

IV. AUTORÍA NOTARIADA

DERECHO DE AUTORÍA NOTARIZADA



Yo, **ESTRADA TIGSILEMA KATHERIN JANETH**, portadora de la cédula **025001976-7** y **PUCHA GUAILLA ELVIS XAVIER**, portador de la cédula **020202622-5**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito “**APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA CHIMBO – EL TORNEADO**” es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación personal; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y redactadas con sus respectivos autores.

La Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

.....
ESTRADA TIGSILEMA KATHERIN
JANETH
C.I. 025001976-7

.....
PUCHA GUAILLA ELVIS XAVIER
C.I. 020202622-5

V. ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

I. CERTIFICACIÓN, EMITIDO POR EL TUTOR(A).....	ii
II. DEDICATORIA	iii
III. AGRADECIMIENTO	iv
IV. AUTORÍA NOTARIADA	v
V. ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vi
VI. ÍNDICE DE FIGURAS	x
VII. ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
VIII. ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
TEMA	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I EL PROBLEMA.....	8
1.1 Planteamiento del Problema	8
1.2 Formulación del Problema.....	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	11
1.3.2 <i>Objetivo Específicos</i>	11
1.4 Justificación	11
1.5 Limitaciones.....	12
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	14
2.1 Marco Referencial.....	14
2.1.1 <i>Localización del Área de Estudio</i>	14
2.1.2 <i>Clima y Relieve</i>	14
2.1.2.1 <i>Clima</i>	14
2.1.2.2 <i>Relieve</i>	14

2.1.3 Geología y Geomorfología.....	15
2.1.4 Movimientos en Masa	16
2.1.5 Sistema Hidrográfico	16
2.1.5.1 Subcuenca Río Yaguachi.	16
2.1.5.2 Subcuenca Río Babahoyo.	16
2.1.5.3 Subcuenca Río Jújan.	17
2.1.6 Precipitación.....	17
2.2 Antecedentes de la Investigación.....	19
2.3 Bases Teóricas	22
2.3.1 Movimientos en Masa	22
2.3.2 Tipos de Movimientos en Masa.....	24
2.3.2.1 Caídas.....	24
2.3.2.2 Volcamientos.	25
2.3.2.3 Deslizamientos.....	25
2.3.2.4 Flujos.....	28
2.3.2.5 Propagación Lateral.	29
2.3.3 Factores que Influyen en la Ocurrencia de Movimientos en Masa	30
2.3.3.1 Factores Naturales.....	30
2.3.3.2 Factores Relacionados con Actividades Humanas (Antrópicos)...	30
2.3.4 Criterio de Falla de MOHR – COULOMB.....	31
2.3.5 Estabilidad de Laderas Aplicando el Criterio de Falla MOHR – COULOMB	34
2.3.6 Taludes	36
2.3.6.1 Partes de un Talud.....	36
2.3.6.2 Tipos de Fallas que se Generan en Taludes.	38
2.3.6.3 Análisis de Estabilidad de Taludes.	39
2.3.7 Medidas de Reducción de Riesgo Para Controlar Movimientos en Masa	41

2.3.7.1 Medidas Estructurales.....	43
2.3.7.2 Medidas no Estructurales.....	44
2.4 Marco Legal.....	45
2.4.1 Constitución de la Republica del Ecuador.....	45
2.4.2 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas.....	46
2.4.3 Ley de Seguridad Pública y del Estado.....	47
2.4.4 Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado	47
2.4.5 Ley Orgánica del Sistema de Contratación Pública.....	51
2.4.6 Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD).....	51
2.5 Glosario de Términos.....	52
2.6 Sistema de Variables.....	55
2.7 Operacionalización de Variables	56
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	59
3.1 Nivel de Investigación	59
3.2 Diseño de la Investigación.....	60
3.3 Población y Muestra	60
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	61
3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos Para Cada uno de los Objetivos Específicos	64
CAPÍTULO IV RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	80
4.1 Resultado Según Objetivo Específico 1.....	80
4.1.2 Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa en la Vía Chimbo – El Torneado	80
4.1.2.1 Delimitación del área de estudio.....	80
4.1.2.2 Delimitación de microcuencas.....	83
4.1.2.3 Análisis de Suelo.....	84
4.1.2.4 Análisis de Insumos en el Módulo SHALSTAB.	85

4.1.2.5 Generación de Mapa de Curva de Nivel a un Intervalo de 10 m...	86
4.1.2.6 Creación del Mapa de Pendientes.	86
4.1.2.7 Diseño del Mapa de Zonas de Acumulación.	88
4.1.2.8 Modelo q/T de Zonas Inestables.	89
4.1.2.9 Mapas de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa.	90
<i>4.1.3 Análisis de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa en Base a la Microcuenca de Telimbela y El Cristal</i>	93
4.1.3.1 Mapa de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa de la Vía Chimbo – El Torneado.....	103
4.2 Resultado Según Objetivo Específico 2.....	106
4.3 Resultado Según Objetivo Específico 3.....	128
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
5.1 Conclusiones	135
5.2 Recomendaciones	137
6. BIBLIOGRAFÍA	139
7. ANEXOS	146
7.1 Anexo N° 1. Documentación fotográfica.....	146
7.2 Anexo N° 2. Informe de análisis del suelo realizado.	149
7.3 Anexo N° 3. Ficha técnica de observación de campo.....	151
7.4 Anexo N° 4. Presupuesto de actividades desarrolladas en la investigación. ...	153
7.5 Anexo N° 5. Cronograma de actividades del trabajo de titulación.....	154

VI. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movimiento en masa de tipo deslizamiento ocurrido en el Barrio Tamban del Cantón Chimbo.	23
Figura 2. Caídas de rocas.	24
Figura 3. Volcamiento de terreno.	25
Figura 4. Tipos de deslizamientos.	26
Figura 5. Partes de un deslizamiento.	27
Figura 6. Tipos de flujos.	29
Figura 7. Inclinación del plano de falla causado por la cortante.	33
Figura 8. Representación gráfica de la ecuación de MOHR – COULOMB.	33
Figura 9. Tipos de taludes.	36
Figura 10. Partes principales de un talud.	37
Figura 11. Clasificación de las medidas de reducción de riesgo frente a movimientos en masa.	42
Figura 12. Diagrama de flujo para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa.	73
Figura 13. Representación del método simplificado de Bishop.	76

VII. ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de localización geográfica de la vía Chimbo - El Torneado.....	18
Gráfico 2. Localización geográfica del área de estudio.	82
Gráfico 3. Delimitación de microcuencas en base al Modelo Digital de Elevacion..	83
Gráfico 4. Microcuenca del Batan exportada a ArcView GIS 3.2 Modulo SHALSTAB.	85
Gráfico 5. Curvas de nivela a 10 metros de distancia.....	86
Gráfico 6. Mapa de pendientes del área de estudio.....	87
Gráfico 7. Mapa de zonas de acumulación.	88
Gráfico 8. Mapa de zonas inestables a movimientos en masa.....	90
Gráfico 9. Mapa de estabilidad e inestabilidad en el área de influencia de la Microcuenca del Batan.....	91
Gráfico 10. Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa de acuerdo a la microcuenca del Batan.	92
Gráfico 11. Mapa de zonas estables e inestables de la vía Chimbo - El Torneado..	104
Gráfico 12.	105
Gráfico 13. Mapa de estabilidad de taludes identificados en la vía Chimbo - El Torneado.	127

VIII. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fallas que se genera en taludes.	38
Tabla 2. Variable independiente: Criterio de Falla MOHR - COULOMB.....	56
Tabla 3. Variable dependiente: Movimientos en masa.	58
Tabla 4. Grados de inclinación de pendientes.....	67
Tabla 5. Valores de los niveles de máxima acumulación.	68
Tabla 6. Modelo q/T de zonas inestables.....	69
Tabla 7. Zonas de inestabilidad y estabilidad según índice q/T.....	69
Tabla 8. Zonas susceptibles a movimientos en masa en base al índice q/T.....	70
Tabla 9. Etapas e insumos para la determinación de zonas de susceptibilidad a movimientos en masa.....	71
Tabla 10. Tipo de suelo según cada microcuenca.....	77
Tabla 11. Parámetros de clasificación de estabilidad de taludes.	79
Tabla 12. Densidad real del suelo según cada microcuenca.	84
Tabla 13. Textura del suelo de acuerdo a cada microcuenca.....	84
Tabla 14. Delimitación de la microcuenca de Telimbela y El Cristal.	94
Tabla 15. Análisis de insumos en el módulo SHALSTAB.....	95
Tabla 16. Mapa de curvas de nivel a intervalo de 10 metros.....	96
Tabla 17. Mapa de pendientes de acuerdo a cada microcuenca.....	97
Tabla 18. Mapa de zonas de acumulación de las áreas de estudio.....	98
Tabla 19. Modelo q/T de zonas inestables.....	99
Tabla 20. Mapa de zonas estables e inestables del área de estudio.	100
Tabla 21. Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa.....	102
Tabla 22. Taludes identificados en el eje vial Chimbo – El Torneado.	106

Tabla 23. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 1.75 en la vía Chimbo - El Torneado.....	108
Tabla 24. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 5.25 en la vía Chimbo - El Torneado.....	110
Tabla 25. Análisis de estabilidad de talud situado en el Km 11.5 en la vía Chimbo - El Torneado.....	112
Tabla 26. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 16.75 en la vía Chimbo - El Torneado	114
Tabla 27. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 18 en la vía Chimbo - El Torneado.	116
Tabla 28. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 18.5 en la vía Chimbo - El Torneado.....	118
Tabla 29. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 24.5 en la vía Chimbo - El Torneado.....	120
Tabla 30. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 25.5 en la vía Chimbo - El Torneado.....	122
Tabla 31. Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 28 en la vía Chimbo - El Torneado.	124
Tabla 32. Estabilidad de los taludes identificados en el trayecto de la vía Chimbo - El Torneado.	126
Tabla 33. Plan de acción de medidas de reducción de riesgos, estructurales y no estructurales ante movimientos en masa.....	131

TEMA

APLICACIÓN DEL CRITERIO DE FALLA MOHR – COULOMB PARA
DETERMINAR ZONAS SUSCEPTIBLES A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA
VÍA CHIMBO – EL TORNEADO, EN EL PERIODO JUNIO A DICIEMBRE 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente trabajo de investigación, radica en aplicar el criterio de Falla de MOHR – COULOMB, para a través de este determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la arteria vial Chimbo – El Torneado. De esta forma, el área objeto de estudio, tiene una extensión de 40 km de carretera de primer orden, misma que se localiza de Norte a Oeste, atravesando el Cantón San José de Chimbo y San Miguel de Bolívar.

La investigación se realizó, aplicando algunas metodologías, tales como el Criterio MOHR – COULOMB y el Método Simplificado de Bishop, a la par de esto, como técnica de recolección de datos se desarrolló una observación de campo y la revisión bibliográfica – documental, mientras que para el procesamiento de datos e información se usó diferentes aplicaciones informáticas (softwares), siendo las principales, Google Earth Pro, ArcGIS 10.5, ALOS PALSAR, ArcView GIS 3.2, software Geotécnico GEO 5 y Global Mapper 23.0.

Los resultados alcanzados, están vinculados de forma directa con los objetivos específicos de la investigación. Siendo así, en un primer momento se determinó las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, a través del Criterio de Falla de MOHR – COULOMB, para lo cual se analizó la textura, densidad, ángulo de fricción del suelo y se generó mediante el Módulo SHALSTAB de ArcView GIS 3.2 varios insumos como, el mapa de curvas de nivel a 10 m de distancia, mapa de pendientes, mapa de zonas de acumulación y el modelo q/T de zonas inestables. A partir de esto, se determinó que 26.19 Km de vía se sitúan sobre una zona inestable y apenas 13.81 km de calzada se emplazan en un área estable, por

otra parte, se identificó que 18 tramos de la ruta Chimbo – El Torneado, están ubicados sobre un sitio de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa.

Acto seguido, se realizó el análisis de estabilidad de los taludes que se localizan en zonas susceptibles a movimientos en masa, por medio del Software Geotécnico GEO 5 y aplicando el Método Simplificado de Bishop. Para lo cual se levantó información en campo de 9 taludes, recolectando puntos de medición (longitud y altitud), coordenadas de localización, características del talud y la respectiva evidencia fotográfica. Adicional a esto, se definió un factor de seguridad referencial para determinar la estabilidad de los taludes y el coeficiente sísmico horizontal, en base a la Norma Ecuatoriana de Construcción. De los 9 taludes analizados, resultó que todos tiene una estabilidad no aceptable, por ende, son inestables, debido a que el factor de seguridad obtenido (FS entre 0.60 a 1.05) se encuentra por debajo del valor referencial de FS 1.60.

Por último, se formuló medidas de reducción de riesgos ante movimientos en masa, con un enfoque en los taludes, abarcando dos líneas de acción, la parte estructural que incluye las obras físicas que ayudan a mitigar y reducir el riesgo y la parte no estructural, que hace referencia aquellas acciones no físicas que contribuyen a atender los peligros.

Palabras claves: Criterio de Falla, Estabilidad de Taludes, Movimientos en Masa, Reducción de Riesgos, Susceptibilidad.

ABSTRACT

The objective of this research work is to apply the MOHR - COULOMB Failure criterion, through this to determine areas susceptible to mass movements in the Chimbo - El Torneado road artery. In this way, the area under study has an extension of 40 km of first-order highway, which is located from North to West, crossing the Canton of San José de Chimbo and San Miguel de Bolívar.

The investigation was carried out, applying some methodologies, such as the MOHR - COULOMB Criterion and the Bishop's Simplified Method, along with this, as a data collection technique, a field observation and the bibliographical - documentary review were developed, while For data and information processing, different computer applications (software) were used, the main ones being Google Earth Pro, ArcGIS 10.5, ALOS PALSAR, ArcView GIS 3.2, Geotechnical software GEO 5 and Global Mapper 23.0.

The results achieved are directly linked to the specific objectives of the research. Thus, at first, the areas susceptible to mass movements on the Chimbo - El Torneado road were determined, through the MOHR - COULOMB Failure Criterion, for which the texture, density, and friction angle of the soil were analyzed. and several inputs were generated using the SHALSTAB Module of ArcView GIS 3.2, such as the map of contour lines at a distance of 10 m, slope map, map of accumulation zones and the q/T model of unstable zones. From this, it was determined that 26.19 km of road are located on an unstable area and only 13.81 km of road are located in a stable area, on the other hand, it was identified that 18 sections of the Chimbo - El Torneado route are located on a site of very high susceptibility to mass movements.

Immediately afterwards, the stability analysis of the slopes that are located in areas susceptible to mass movements was carried out, by means of the Geotechnical Software GEO 5 and applying the Simplified Method of Bishop. For which information was collected in the field of 9 slopes, collecting measurement points (length and altitude), location coordinates, slope characteristics and the respective photographic evidence. In addition to this, a referential safety factor was defined to determine the stability of the slopes and the horizontal seismic coefficient, based on the Ecuadorian Construction Standard. Of the 9 slopes analyzed, it turned out that all of them have an unacceptable stability, therefore, they are unstable, because the safety factor obtained (FS between 0.60 and 1.05) is below the reference value of FS 1.60.

Finally, risk reduction measures were formulated in the face of mass movements, with a focus on slopes, covering two lines of action, the structural part that includes the physical works that help mitigate and reduce the risk and the non-structural part. which refers to those non-physical actions that contribute to addressing the hazards.

Keywords: MOHR - COULOMB Failure Criterion, Slope Stability, Mass Movements, Risk Reduction, Susceptibility.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en diferentes partes del mundo se presentan diversos tipos de desastres naturales como movimientos de masa, tornados, sismos, expulsiones volcánicas, los cuales ponen en riesgo la vida y el sustento económico de las personas susceptibles. Debido al acelerado incremento poblacional y al cambio climático, la presencia de magnos desastres naturales será más frecuentes (GOAL, 2015).

Los deslizamientos son uno de los fenómenos con las consecuencias más devastadoras que ocurren a lo largo del mundo. El mapeo sobre movimientos en masa constituye una medida para mitigar el riesgo y para contar con una planificación segura para la respuesta a emergencias (Yilmaz, 2010).

La combinación, tanto de factores condicionantes como desencadenantes, ha reportado un notable incremento de procesos en movimientos en masa a lo largo de estos años en el Ecuador, causando afecciones a la infraestructura de vías y viviendas (Correa Campues, 2013).

En la provincia Bolívar, una de las zonas donde los movimientos en masa se han manifestado constantemente, es la vía Chimbo – El Torneado, la cual se ha visto perjudicada por la destrucción de la infraestructura vial y viviendas ocasionando efectos negativos de distinta índole, uno de ellos por ejemplo es que durante la década pasada se ha podido presenciar los innumerables accidentes de tránsito ocasionados por estos eventos de origen natural y antrópico, incidiendo negativamente en la economía de las comunidades que comunica.

El presente estudio tiene como finalidad la identificación de las zonas susceptibles a movimientos en masa, mediante la aplicación del criterio de falla de Morh – Coulomb, el mismo es un modelo matemático el cual servirá para una obtención de

datos más preciso al considerar variables como las pendientes y las características del suelo presentes en toda la cuenca hidrográfica por la que atraviesa la vía.

Posteriormente se analizará la estabilidad de los taludes en aquellas zonas que presenten mayor amenaza de movimientos en masa para finalmente plantear las medidas de reducción de riesgo en función de prevenir afectaciones a la comunidad y a la infraestructura.

Se considera de gran relevancia la identificación de las zonas susceptibles a movimientos en masa en la zona de estudio, ya que eso conllevaría a que las autoridades competentes adopten las medidas necesarias en cuanto a planes de prevención y mitigación. La construcción y aplicación de planes de prevención y mitigación constituyen un instrumento importante para reducir las afectaciones causadas por los movimientos en masa y se espera que sean un aporte para todas las comunidades por las que atraviesa la vía Chimbo – El Torneado.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Los movimientos en masa se definen como un desplazamiento de volumen, a favor de la pendiente en materiales de roca, detrito y suelo, debido a la acción de la fuerza de gravedad, con la incorporación de variables naturales como el agua, sismicidad, topografía, propiedades de los materiales roca o suelo y fenómenos antrópicos.

Además, los movimientos en masa se incluyen en el proceso de erosión; razón por la cual, los movimientos desplazan material desde mayor altitud a zonas bajas, a través de agentes de transporte que modelan el relieve. (Tobar, 2021)

Dichos movimientos en masa por lo general, suelen ocurrir en zonas o áreas de fuerte pendiente, terrenos inestables por la presencia de lluvias e infiltración de agua, e inclusive en lugares en los cuales existe cierto grado de debilitamiento del talud, debido a los cortes y excavaciones inadecuadas que se realiza para la construcción de obras (viviendas, edificios, vías, etc.).

En las instituciones responsables de la vialidad, es importante que se trate estos temas debido a que, las vías que unen las diferentes provincias, cantones y parroquias del Ecuador son vulnerables a movimientos en masa constantemente. A lo largo del tiempo, las instituciones públicas y privadas han venido creando diferentes metodologías, que ayuden en el análisis del terreno que será intervenido en una construcción.

En la provincia Bolívar, la vía Chimbo – El Torneado, fue una de las primeras carreteras que unió a la región sierra y costa, cuya construcción se realizó hace aproximadamente 70 años, convirtiéndose así en una histórica vía para los

bolivarenses y no solo por la unión de estas dos regiones. La construcción de dicha ruta, trajo consigo un sin número de ventajas, un claro ejemplo de esto es la reducción del tiempo de viaje entre provincias, la descongestión vehicular en las vías de primer orden y la mejora de la economía de varias comunidades.

A pesar de los importantes beneficios que produjo la construcción de esta obra vial, también se comenzó a evidenciar ciertos problemas, tales como, accidentes de tránsito por las condiciones climáticas del sector y la impericia de las personas. Por otra parte, uno de los problemas que se presenta con más frecuencia en la vía Chimbo – El Torneado, es la ocurrencia de movimientos en masa en algunos tramos de esta ruta, por citar un ejemplo, el 16 de marzo de 2021 en el km 18 de dicha carretera se presentó un derrumbe, el mismo que dejó una gran cantidad de material pétreo en la vía, restringiendo de esta forma la circulación de vehículos de carga pesada. (EL UNIVERSO, 2021)

En la madrugada del miércoles 22 de diciembre de 2021, en el sector de Tambán, se produjo un movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional, el cual destruyó aproximadamente 122 m de la carretera Chimbo – El Torneado, colapso parcial de las redes vitales, destrucción de varias viviendas e infraestructura de uso múltiple (cancha deportiva, casa comunal), afectaciones a varias cuerdas de cultivos de ciclo corto y la pérdida de medios de vida de la población. (VISTAZO, 2021)

Los problemas descritos en los párrafos anteriores, ponen en evidencia que el riesgo de movimientos en masa en la ruta Chimbo – El Torneado es constante, dado que esta vía se construyó sin un estudio técnico adecuado que garantice la seguridad de los transportistas y de las personas que habitan a las orillas de la carretera. La diferencia de altitud entre Chimbo (2.450 msnm) y Balsapamba (877 msnm), de cierta manera

contribuye a que en el transcurso de esta carretera exista una pendiente muy prolongada, la misma que a su vez también es un factor que incide en los movimientos en masa.

A lo mencionado, se le debe añadir el hecho de que la vía Chimbo – El Torneado a más de ser un camino sinuoso, posee diferentes características tales como, presencia de fuertes precipitaciones, inestabilidad del terreno debido al tipo de suelo, escasa cobertura vegetal en la cuencas hidrográfica, etc. lo cual influyen en la génesis de los movimientos en masa y favorece a que esta vía sea susceptible a este evento peligroso prolongadamente, interrumpiendo así el libre tránsito del transporte liviano y pesado.

Es por esta razón, que en el área objeto de estudio se ve la necesidad de implementar una metodología que ayude a determinar el nivel de susceptibilidad frente a los movimientos en masa y así salvaguardar la integridad física de los pobladores y pérdidas materiales.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo la aplicación del criterio de falla de MOHR - COULOMB puede contribuir en la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Aplicar el criterio de falla de MOHR – COULOMB para la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado.

1.3.2 Objetivo Específicos

- Determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado mediante el criterio de falla MOHR - COULOMB.
- Analizar la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a movimiento en masa en la vía Chimbo – El Torneado.
- Establecer medidas de reducción de riesgo estructurales y no estructurales para el área de estudio ante movimientos en masa.

1.4 Justificación

Los movimientos en masa ocasionan severos problemas ambientales ya que deforman los paisajes mismos que están presentes en los perfiles cercanos a las carreteras, como es el caso de la vía Chimbo – El Torneado, razón por la cual se requiere de este proyecto de investigación para determinar aquellas probables zonas donde se presente esta amenaza.

Es necesario determinar las causas posibles en caso de llevarse a cabo un movimiento en masa que lo provocó, que factores inciden para que este tipo de eventos adversos se detonen y con qué frecuencia se presentan con la finalidad de contrarrestar estos aspectos y disminuir el riesgo latente.

La realización de este proyecto tiene como prioridad determinar las zonas estables e inestables con el fin de tomar medidas para reducir el impacto de estos eventos por

movimientos en masa ocasionados en esta vía. Ya que además de ser una vía alterna de suma importancia acortando la distancia entre la región Sierra y región Costa, por este mismo hecho el turismo ha ido decreciendo afectando de manera directa la economía de sus pobladores y demás habitantes en su mayoría que se dedican a la venta y distribución de sus productos.

Es necesario mencionar el descuido que se ha presentado en este trayecto de la vía Chimbo – El Torneado y el poco interés prestado en realizar estudios que implementen varias técnicas y medidas de reducción de riesgo ante movimientos en masa y que estas sean ejecutadas de tal manera que las mismas ayuden al progreso y bienestar de las comunidades y personas que transitan diariamente por esta vía. Se debe considerar que los movimientos en masa se presentan por distintas causas dándose estas con gran magnitud en la época lluviosa.

Con esta investigación se podrá contribuir con la sociedad y dirigidas a entidades que están inmersos en la toma de decisiones reduciendo el impacto de daños ocasionados por este tipo de eventos naturales levantando un precedente que quizás pueda ser tomado en consideración por la misma Secretaría Nacional de Gestión de Riegos en las futuras planificaciones de ordenamiento territorial en la cual conste las zonas que se encuentran susceptibles a los movimientos en masa.

1.5 Limitaciones

- Escasa información en los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes.
- La información obtenida no es asertiva ni concreta para la realización de este proyecto.

- El acceso es complicado por deslizamientos sucedido con anterioridad en la vía.
- Excesivo sobreprecio en los pasajes y fletes de camionetas para reconocimiento de los movimientos en masa dados en el lugar de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Localización del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente al Norte – Oeste del cantón Chimbo y al Norte – Oeste del cantón San Miguel, comprende aproximadamente 40 km de recorrido y alturas variables entre 2450 msnm y 240 msnm lo cual es un indicador de la presencia de fuertes pendientes, en donde actualmente se están presentando problemas de inestabilidad en taludes afectando la movilidad de los habitantes y seguridad de quienes la transitan.

2.1.2 Clima y Relieve

2.1.2.1 Clima.

La provincia Bolívar posee una variación de climas y micro climas en los cuáles se tiene: el tropical, el tropical húmedo, subtropical, templado seco, templado húmedo, frío seco, frío húmedo y glacial en los nevados. En lo referente al área de estudio, al ser una vía que comunica desde la parte alta hasta el subtrópico, mantiene esta variedad de climas, los mismos que varían sus temperaturas desde los 2°C en las partes altas pertenecientes al cantón Chimbo y llegando hasta los 26°C en las partes bajas que corresponden al cantón San Miguel. (GADPB, 2015)

2.1.2.2 Relieve.

El relieve topográfico del área de estudio tiene algunas características de acuerdo a la zona de ubicación, lo que corresponde a la región Sierra presenta zonas de gran elevación con pendientes montañosas y relieves escarpados, mientras que, la región

Costa mantiene relieves bajos, paisajes formados por terraza aluviales, conos de deyección. (GADPB, 2015)

Las formaciones de la llanura costera presentan paisajes planos o semi – planos, cubiertos por depósitos de erosión provenientes de las elevaciones de la cordillera y acarreados por los drenajes que se abren paso por las diferentes formaciones y unidades geológicas que afloran en el territorio. (GADPB, 2015)

2.1.3 Geología y Geomorfología

Su ubicación principalmente en la zona de transición entre la sierra y la costa permite presentar diferentes características geomorfológicas que van desde las altas estribaciones de la cordillera, zonas colinadas, alargadas en forma de lomo de caballo y zonas montañosas en forma de V, características de los ambientes volcánicos, hacia la parte transicional. (GADPB, 2015)

La parte occidental tiene su asentamiento en una parte de la zona costera con climas cálidos y llanuras costeras, con extensas formaciones de depósitos aluviales y conos de deyección de edades plio – pleistocénicas.

La provincia Bolívar posee fallas geológicas muchas de ellas como fracturas y fallas longitudinales y transversales, generalmente tienen rumbo Noreste – Suroeste y Noroeste y Sureste, en ambos casos con pequeños ángulos de inclinación. Una falla importante por su actividad sísmica es la del río Chimbo a cuya actividad se atribuyen diferentes eventos sismo – tectónicos desastrosos, que afecta de forma directa a las poblaciones de Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. (GADPB, 2015)

2.1.4 Movimientos en Masa

Debido a la geomorfología del territorio, que está conformado por cerros de mediana altura con fuertes pendientes, las rocas presentan un comportamiento mecánico corriente, que, en combinación con otros factores como la deforestación, la pendiente y los severos fenómenos meteorológicos que afectan el territorio conforman las causas fundamentales para el desarrollo de los deslizamientos. (GADPB, 2015)

2.1.5 Sistema Hidrográfico

La provincia Bolívar posee un recurso hídrico considerable, esencial para la vida ya que se lo utiliza para el consumo directo, así como para actividades agropecuarias, turísticas, extractivas e industriales para la generación de electricidad. (GADPB, 2015)

El sistema hidrográfico de la provincia Bolívar, pertenece a la cuenca del Río Guayas y esta a su vez está conformada por tres subcuencas que son:

2.1.5.1 Subcuenca Río Yaguachi.

Esta ocupa un 28,60% del territorio provincial tiene como principal curso de agua en la provincia al río Chimbo en la cual se forma de la unión de los ríos Guaranda y Salinas en el cantón Guaranda y fluye de Norte a Sur sirviendo como límite natural con la provincia de Chimborazo. (GADPB, 2015)

2.1.5.2 Subcuenca Río Babahoyo.

Conformada por los cursos de agua de la provincia, que influyen de Este a Oeste hasta desembocar en el río Babahoyo que es el principal drenaje al mismo que se le da el nombre de la subcuenca que ocupa un 69,90% del territorio provincial. (GADPB, 2015)

2.1.5.3 Subcuenca Río Jújan.

Ocupa el 1,50% del territorio provincial, en el límite del cantón Chillanes con las provincias del Chimborazo y Guayas, sus nacientes cuyo principal curso en la provincia es el río La Miran que posteriormente toma el nombre de río Limón fluyendo de norte a sur. Este último en su recorrido y unión con algunos esteros toma varios nombres hasta formar el río Jujan cuyas aguas terminan en el río Babahoyo.

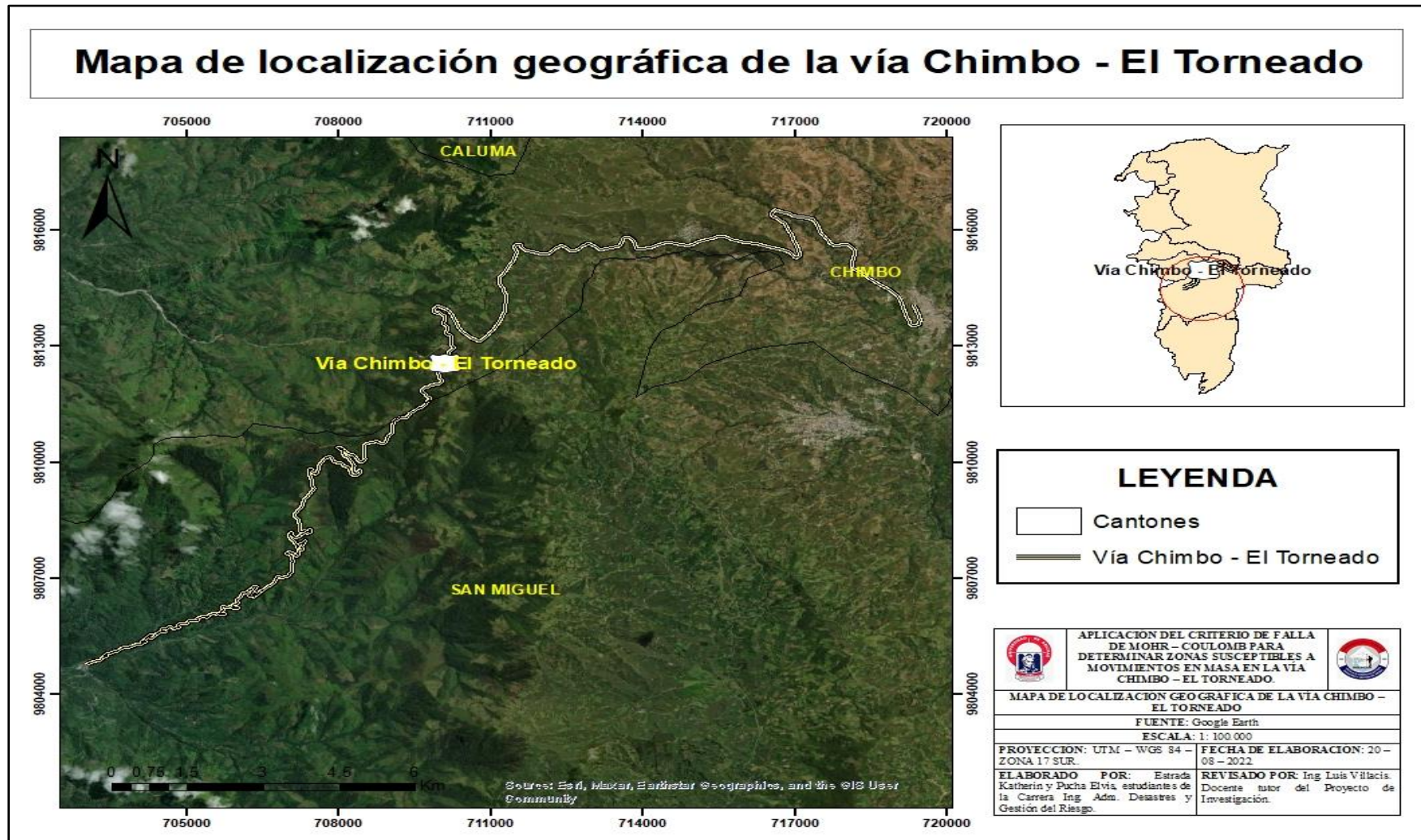
(GADPB, 2015)

2.1.6 Precipitación

En la provincia Bolívar los rangos de pluviosidad varían desde los 500 a 3000 mm anuales dependiendo de la humedad y temperatura de las zonas existentes.

Gráfico 1.

Mapa de localización geográfica de la vía Chimbo - El Torneado.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

2.2 Antecedentes de la Investigación

Evaluación de la vulnerabilidad y consecuencias por deslizamiento en la conexión vial Aburrá – Río Cauca entre las Abscisas km 04+000 y km 39+000. (Medellín)

Esta investigación se realizó en la vía Aburrá – Río Cauca, Medellín, con el propósito de evaluar la vulnerabilidad y consecuencias por deslizamientos, este caso de estudio va encaminado a la determinación de un factor comportamental que se representa mediante una curva de vulnerabilidad ante un deslizamiento. Para este caso de estudio se recopiló información relacionada con eventos que se presentaron en diferentes tramos de la conexión vial Aburrá – Río Cuenca y a partir de estas curvas se establecerá el riesgo que representan dichos derrumbes. (Garzón Iral, Valencia Palacio, & Muñoz Cossio, 2012)

Para este caso de estudio se utilizó la “ Metodología para evaluación preliminar de riesgo en carreteras por deslizamientos detonados por lluvia” del ingeniero César Hidalgo y Andre Pacheco de Assis, en el mismo que se evaluó la amenaza por deslizamientos usando relaciones estadísticas entre la precipitación y la ocurrencia de eventos de inestabilidad y se obtuvieron umbrales de falla que permiten identificar, con una cierta confiabilidad, la magnitud y duración de las lluvias que pueden causar dichos movimientos de masa. (Garzón Iral, Valencia Palacio, & Muñoz Cossio, 2012)

Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medio de sistemas de información geográfica, en la parroquia Bulán, cantón Paute. (Ecuador)

La presente investigación tubo como finalidad determinar por medio de sistemas de información geográfico, la susceptibilidad a deslizamientos de la parroquia Bulán utilizando la “Metodología Mora Vahrson” y la “Metodología de Evaluación

Multicriterio”. Estas metodologías permiten clasificar la susceptibilidad a deslizamientos por medio del análisis de seis variables: pendiente, litología, geomorfología, sismicidad, cobertura vegetal y registro de lluvias intensas en un lapso de 24 horas asociado a un periodo de retorno de 100 años. Además, se utilizó el programa de sistema de información geográfica Arc Map 10.5. (Sagarra Zeas & Montalván Orellana, 2022)

Se determinó que en el área de estudio predomina un relieve con pendientes escarpadas, el factor litológico revela condiciones geológicas de alta susceptibilidad, intensidad sísmica y lluvias máximas que presentan valores constantes para toda la parroquia. Los resultados de la metodología Mora Vahrson muestran que la zonificación más ampliamente distribuida es la de “Muy Alta” con un porcentaje de 35,43% equivalente a 1375,06 ha siendo la más eficaz con una confiabilidad del 85%; en cuanto a la metodología Multicriterio muestra que la zonificación más ampliamente distribuida es la “Moderada” con un 32,55% equivalente a 1253,16 ha. (Sagarra Zeas & Montalván Orellana, 2022)

Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo

La siguiente investigación tiene como finalidad evaluar la susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa – Puerto Cayo, teniendo en cuenta la composición y el grado de meteorización de los suelos y las rocas, el clima, la deforestación y las pendientes de taludes en la carretera. (Ponce López, 2017)

Se utilizó la metodología con investigación descriptiva, los métodos de campo y bibliográfico y como método científico la observación de la situación actual de la carretera, en zonas con derrumbes y deslizamientos de suelo y rocas. Los resultados obtenidos fueron que las zonas susceptibles a deslizamientos es el Cerro de Joa, en el

cuál presenta una explotación irracional de material pétreo, además, existen derrumbes de rocas porque se meteorizan por acción de las lluvias y el viento y son removidas por tráfico pesado, esto fortalecido por la deforestación que existen en los cerros identificados y las pendientes de taludes que están entre 66 - 90°. (Ponce López, 2017)

Susceptibilidad ante la amenaza de deslizamientos y estrategias de reducción de riesgos en la vía Circunvalación, Cantón San Miguel (Ecuador)

En la presente investigación se utilizó a metodología de Mora Vahrson y Paucar 2016, en el cual se identifica los factores y niveles de amenaza de deslizamientos en la vía Circunvalación, tomando en cuenta los factores condicionantes y detonantes a través del método estadístico y así obtener resultados cualitativos y cuantitativos.

(Barrionuevo Aldaz & Chillo Benavides, 2022)

El método heurístico basado en criterios de profesionales y mediante los indicadores se establecen los niveles de la amenaza y procesar la información en el programa Arc Gis y así obtener los mapas de niveles de amenaza, la misma que da como resultados una amenaza de nivel alta para deslizamientos. En el análisis de los taludes se implementó el software GEO5, a través del método Bishop (optimización) del mismo programa, haciendo uso de múltiples variables y en unión con los programas Google Earth y Arc Gis se obtuvieron resultados como la inestabilidad de taludes.

(Barrionuevo Aldaz & Chillo Benavides, 2022)

Además, se establecieron estrategias de reducción de riesgos preventivas, correctivas, reactivas para evitar eventos que causen pérdidas humanas, estructurales, económicas y ambientales a la población. (Barrionuevo Aldaz & Chillo Benavides, 2022)

Análisis de los Factores de Susceptibilidad ante deslizamientos en la vía Guaranda – San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar (Ecuador)

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal analizar los factores de susceptibilidad en la vía Guaranda – San Simón que inciden en la formación de deslizamientos. Para obtener esta información se realizó un trabajo de campo analizando las zonas más susceptibles a deslizamientos basándose en la Metodología de “Mora Vahrson”, lineamientos de las tablas de rangos de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, la estación meteorológica de Laguacoto y anuario meteorológico 2010. (Bonilla Montero & Cunalata Palate, 2018)

El área de estudio presenta niveles bajos de (0 – 30), medio (30 – 60), y alto de (>60), los elementos expuestos a deslizamientos en la zona de estudio abarcan un área de 3,93 km² siendo estas infraestructuras de las edificaciones dando un nivel de exposición bajo y la red vial dando un nivel de exposición medio. Se establecieron medidas de reducción de riesgos ante deslizamientos proponiendo medidas estructurales y no estructurales para minimizar el riesgo. (Bonilla Montero & Cunalata Palate, 2018)

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Movimientos en Masa

Los movimientos en masa pueden ser definidos, como aquellos desplazamientos del terreno a favor de la pendiente, mismos que son generados por la acción de la fuerza de gravedad, bajo la influencia de ciertos factores como son el agua, los eventos sísmicos, cargas excesivas para la construcción de viviendas o la apertura de senderos y vías, entre otros. Estos movimientos producen cambios visibles en el terreno como agrietamientos, hundimientos e incluso desprendimientos de grandes cantidades de

suelo o roca, de ahí que puedan ocasionar la destrucción y/o deterioro de la infraestructura pública, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces de ríos o quebradas. (Alcaldía de Medellín, 2016)

Figura 1.

Movimiento en masa de tipo deslizamiento ocurrido en el Barrio Tamban del Cantón Chimbo.



Nota: El 21 de diciembre de 2021, en el sector de Tamban, ocurrió un movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional, mismo que destruyó un tramo de la vía Chimbo – El Torneado y ocasionó la pérdida de varios bienes materiales.

Fuente: GAD del Cantón San José de Chimbo.

Popularmente estos procesos se conocen como derrumbes, volcanes de tierra, avalanchas y aludes, sin embargo, estos términos no están bien empleados y la forma correcta para referirse a estos fenómenos es hablar de “movimientos en masa”, los cuales a su vez se pueden clasificar como deslizamientos, flujos, desprendimientos, caída de rocas, hundimientos, fenómenos de reptación, entre otros, dependiendo del

mecanismo de falla, la velocidad del fenómeno y el tipo de material involucrado.

(Alcaldía de Medellín, 2016)

2.3.2 Tipos de Movimientos en Masa

Para Varnes (1958 y 1978), los movimientos en masa pueden ser clasificados, de acuerdo al tipo de movimiento y según el tipo de material, obteniendo de esta forma 5 tipos, siendo estos; las caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos.

2.3.2.1 Caídas.

Fenómenos que presentan una ruptura brusca de un bloque o una masa rocosa o de suelo, de una ladera con talud de pendiente fuerte o un acantilado rocoso, con una caída libre donde el mayor recorrido de su desplazamiento se da en el medio aéreo, se producen en rocas muy fracturadas, debido a factores desencadenantes como lluvias intensas, sismos, erosiones, socavamiento, explosiones, etc. (INDECI, 2011)

Figura 2.

Caídas de rocas.



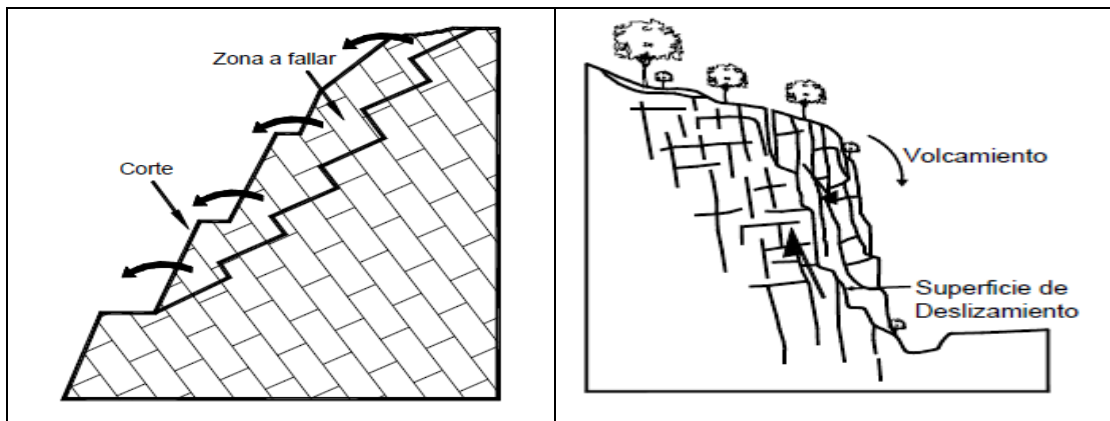
Fuente: *Fig. 1:* (EL UNIVERSO, 2022) – *Fig. 2:* (Moreta, 2022)

2.3.2.2 Volcamientos.

Fenómeno que consiste en una rotación o giro de medios rocosos con presencia de sistemas de discontinuidades de bloques o columnas, con deformación paulatina en dirección de la pendiente, teniendo como eje de rotación un punto sobre su base de apoyo asociado a pivoteo o basculamiento de las cabezas y que pueden desencadenar en caídas y derrumbes. (INDECI, 2011)

Figura 3.

Volcamiento de terreno.



Fuente: (Suárez, 2009)

2.3.2.3 Deslizamientos.

Los deslizamientos ocurren cuando una gran cantidad de material, se moviliza a través de una superficie que presenta cierto nivel de debilidad e inestabilidad, debido a la influencia de factores como las precipitaciones, filtración de agua, presencia de fallas geológicas, deforestación o sobrecarga del suelo por las edificaciones. (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2018)

a) **Deslizamientos rotacionales:** El terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. Este tipo de deslizamientos

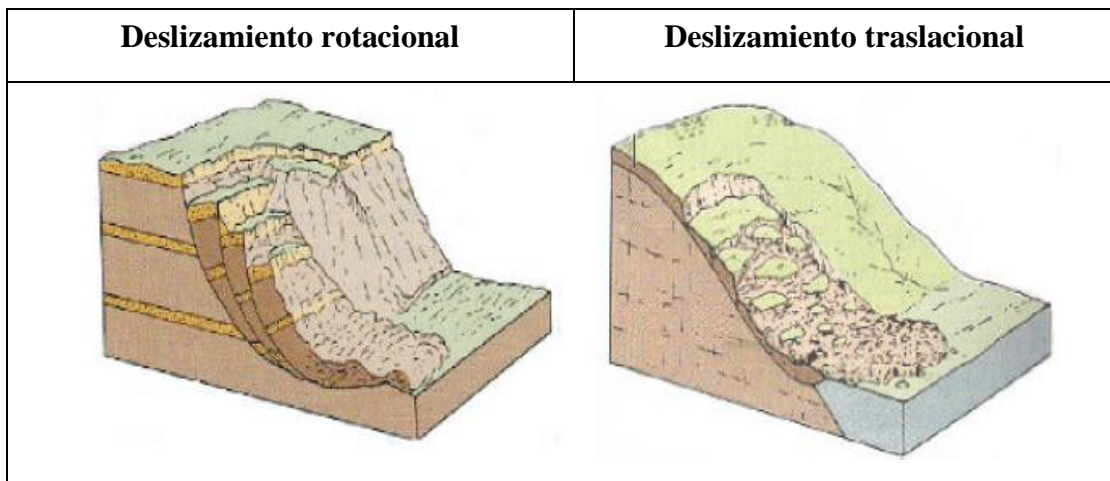
suele producirse en suelos cohesivos homogéneos y en macizos intensamente diaclasados. En materiales arcillosos y, sobre todo, si hay presencia de agua, la parte baja deslizante puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras.

(Escobar P & Escobar, 2020)

b) Deslizamientos traslacionales: Las masas se desplazan a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, pudiendo deslizar posteriormente sobre la superficie del terreno original y proseguir si la inclinación es suficientemente fuerte. Cuando los bloques de suelo o roca se deslizan sobre una superficie única se suele hablar de deslizamientos planos y cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa de roca desplazarse según la línea de intersección se habla de deslizamiento en cuña. (Escobar P & Escobar, 2020)

Figura 4.

Tipos de deslizamientos.



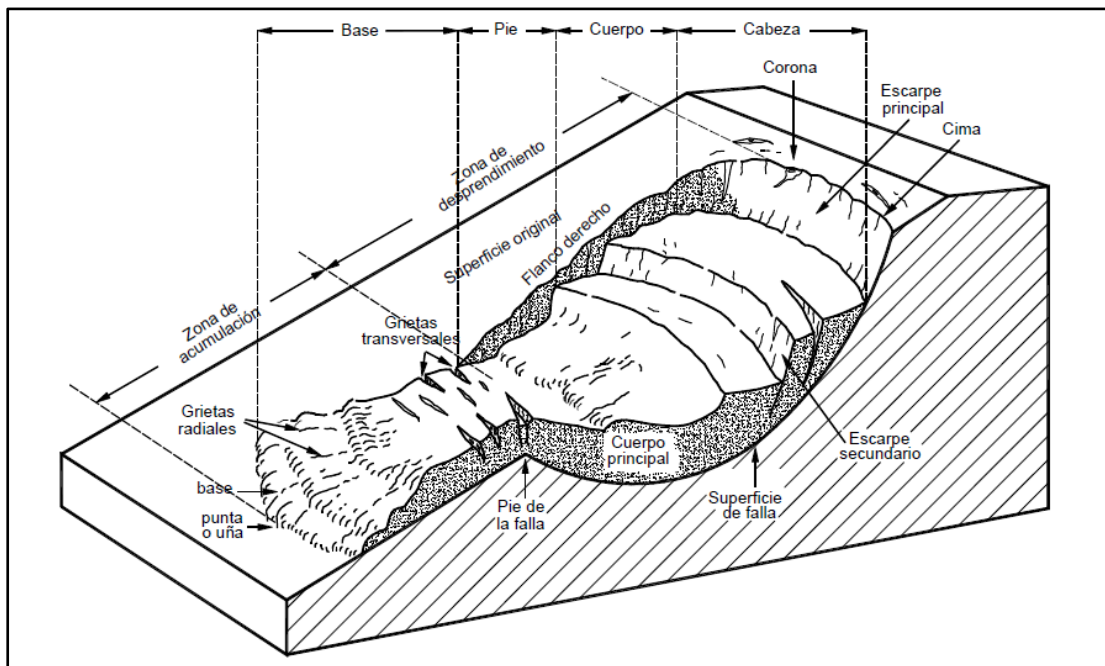
Fuente: (Skinner & Porter, 1992)

c) Partes de un deslizamiento

En la Figura 5, se indica un deslizamiento de terreno y las partes principales que tiene dicho movimiento en masa.

Figura 5.

Partes de un deslizamiento.



Fuente: (Suárez, 2009)

- d) **Cabeza:** parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- e) **Cima:** el punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- f) **Corona:** el material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- g) **Escarpe principal:** superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

- h) **Escarpe secundario:** superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- i) **Superficie de falla:** área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- j) **Pie de la superficie de falla:** la línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- k) **Base:** el área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- l) **Punta o uña:** el punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- m) **Cuerpo principal del deslizamiento:** el material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- n) **Superficie original del terreno:** la superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- o) **Costado o flanco:** un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo. (Suárez, 2009)

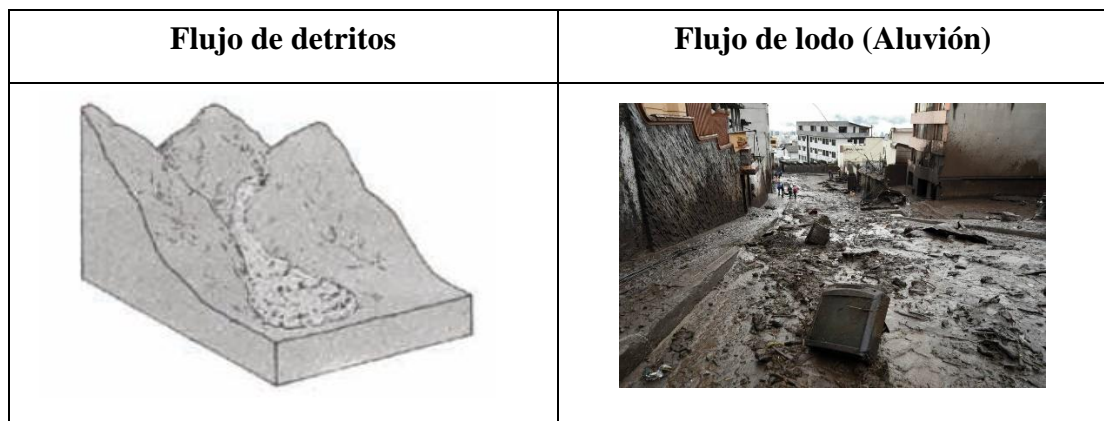
2.3.2.4 Flujos.

Son movimientos de masas de bloques rocosos, detritos, lodo y material fino disgregado, comportándose como un “fluido”, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas, siendo el principal factor desencadenante el agua. (INDECI, 2011)

- a) **Flujos de detritos:** Suelen involucrar volúmenes de medianos a grandes de hasta 10.000m³ de material grueso de diferente diámetro que incluye bloques de rocas, derrubios y roca descompuesta.
- b) **Flujos de lodo (aluvión):** Flujo muy rápido de una crecida de agua que arrastra en su recorrido una gran cantidad de detritos a lo largo de su cauce, formando ríos de roca y lodo, alcanzando grandes velocidades, con gran poder destructivo, impactando a los elementos vulnerables a tal forma que quedan parcial o totalmente enterrados. (INDECI, 2011)

Figura 6.

Tipos de flujos.



Fuente: Fig. 1. (Skinner & Porter, 1992) – Fig. 2. (Cárdenas, 2022)

2.3.2.5 Propagación Lateral.

Se caracteriza por que el movimiento de la masa se desplaza lentamente por deformación interna del material (expansión), considerándose como la etapa final de una serie de movimientos donde la deformación interna predomina sobre otros mecanismos de movimientos, se producen generalmente en terrenos casi planos. (INDECI, 2011)

2.3.3 Factores que Influyen en la Ocurrencia de Movimientos en Masa

Varios factores influyen para que se produzcan movimientos en masa, tales como, el grado de inclinación del terreno, el tipo de suelo, la extensión de las vertientes, las formaciones geológicas subyacentes, las precipitaciones, la presencia de fallas, la ocurrencia de sismos y también ciertas acciones antrópicas. (Dávila, y otros, 2018)

2.3.3.1 Factores Naturales.

- a) **Clima:** el desarrollo de movimientos en masa tiene una estrecha relación con la ocurrencia de lluvias, pues éstas saturan los suelos promoviendo la alteración de sus propiedades mecánicas y su pérdida de resistencia.
- b) **Topografía:** Los movimientos en masa ocurren con mayor frecuencia en terrenos caracterizados por presentar altas pendientes.
- c) **Litología:** Las características particulares de las rocas (composición, granulometría, estructura interna, grado de fracturamiento y descomposición), determinan su calidad o resistencia. En este orden de ideas, todos los materiales tienen comportamientos diferentes y unos tienden a ser más susceptibles que otros al desarrollo de movimientos en masa.
- d) **Actividad Sísmica:** Los sismos o terremotos generan vibraciones que pueden afectar el equilibrio de las laderas y originar deslizamientos. Este movimiento vibratorio puede desencadenar una serie de efectos que dan lugar a grandes deformaciones y roturas en el terreno. (Alcaldía de Medellín, 2016)

2.3.3.2 Factores Relacionados con Actividades Humanas (Antrópicas).

- a) **Excavaciones:** Los cortes o excavaciones que se desarrollan para la construcción de infraestructura, tienden a alterar el equilibrio de los taludes, de ahí que sea necesaria la ejecución de obras de protección, bajo la asesoría y supervisión de

profesionales en el área de la construcción que garanticen el cumplimiento de la normatividad vigente.

- b) **Sobrecargas:** La disposición inadecuada de escombros y basuras en zonas de alta pendiente podría generar sobrecargas que conlleven a la pérdida de resistencia del suelo. El sobrepeso asociado a la densificación de la infraestructura habitacional, podría propiciar igualmente el desarrollo de procesos de inestabilidad.
- c) **Deforestación:** La eliminación de la cobertura vegetal en las laderas por la quema, tala y remoción de la vegetación, favorece la infiltración del agua y el desarrollo de procesos erosivos, de ahí que aumente la probabilidad de falla del terreno por saturación y pérdida progresiva de suelo.
- d) **Manejo de Aguas:** Los flujos de agua no controlados se convierten en uno de los principales agentes detonantes de procesos de erosión y remoción en masa, por tanto, el inadecuado manejo del drenaje por carencia o deficiencia de obras para la captación y conducción de aguas superficiales, residuales y subterráneas, podrían propiciar la saturación del suelo y su pérdida de resistencia por aumento de presiones internas. (Alcaldía de Medellín, 2016)

2.3.4 Criterio de Falla de MOHR – COULOMB

Das (2001), manifiesta que Mohr presento una teoría sobre la ruptura de los materiales. Esta teoría afirma que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzos normales y esfuerzos cortantes, y no solo por la presencia de un esfuerzo máximo normal o bien de un esfuerzo máximo cortante. Así entonces la relación funcional entre esfuerzo normal y un esfuerzo cortante sobre un plano de falla se expresa de la siguiente forma:

$$\tau_f = f(\sigma)$$

Donde:

- τ_f : es el esfuerzo cortante sobre el plano de falla.
- σ : es el esfuerzo normal sobre el plano de falla.

La envolvente de falla de esta ecuación es una curva, pero en la mayoría de casos de mecánica de suelos se puede aproximar esta curva a una función lineal dada por la siguiente ecuación:

$$\tau_f = c + \sigma \tan\phi$$

Dónde:

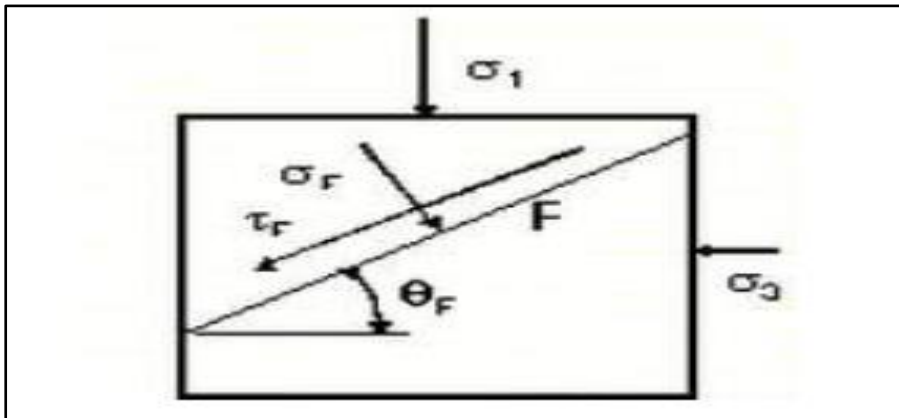
- τ_f : es el esfuerzo cortante sobre el plano de falla.
- c : es la cohesión.
- ϕ : es el ángulo de fricción interna.

Ángulo de fricción interna: es el ángulo que se forma entre la horizontal y la función lineal del criterio de Mohr Coulomb en la gráfica de esfuerzo de corte versus esfuerzo normal. Además, es un parámetro de resistencia al corte de los suelos y se utiliza para describir la resistencia al corte de los suelos de fricción junto con la tensión efectiva normal. (Burgos Alemán, 2015)

Inclinación del plano de falla causado por la cortante: la falla por cortante ocurrirá cuando el esfuerzo cortante sobre un plano alcanza un valor dado por el criterio de falla de Mohr-Coulomb.

Figura 7.

Inclinación del plano de falla causado por la cortante.

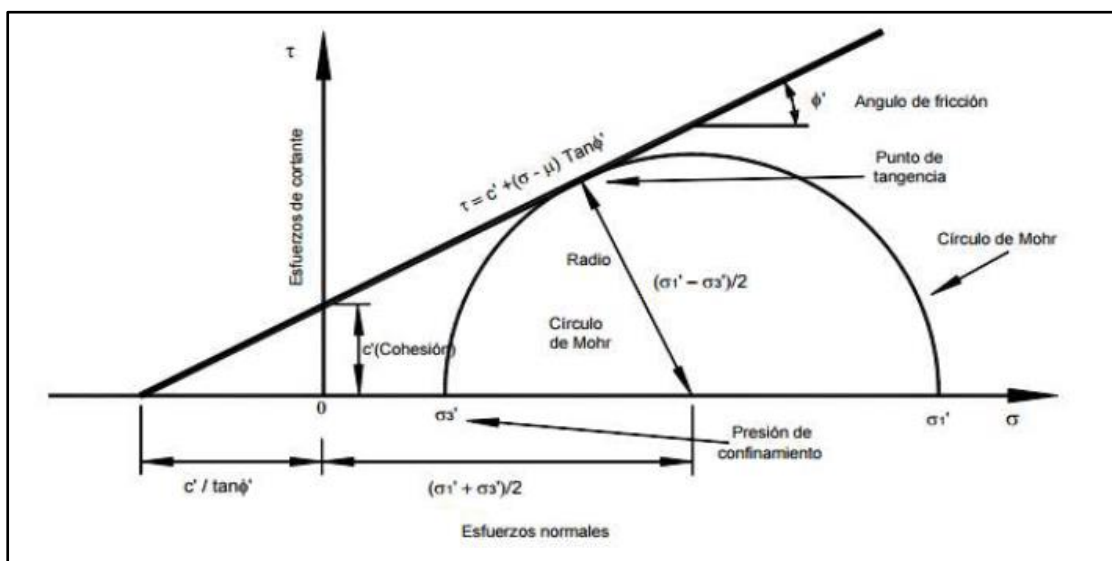


Fuente: (Suárez, Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico, 2009)

Donde σ_1 es el esfuerzo principal mayor y σ_3 es esfuerzo principal menor. El plano de falla F forma un ángulo θ con el plano principal mayor. Para determinar este ángulo y la relación entre σ_1 y σ_3 se grafica el círculo de Mohr para el estado de esfuerzo mostrado en la figura anterior. (Burgos Alemán, 2015)

Figura 8.

Representación gráfica de la ecuación de MOHR – COULOMB.



Fuente: (Suárez, Deslizamientos. Tomo I: Análisis Geotécnico, 2009)

2.3.5 Estabilidad de Laderas Aplicando el Criterio de Falla MOHR – COULOMB

Con el fin de evaluar la susceptibilidad relativa de las laderas a producir fenómenos de deslizamientos se aplica un modelo que combina la estabilidad de las laderas con las características del flujo subsuperficial estacionario (la velocidad en cada punto es independiente del tiempo). Por lo tanto, el producto final es una combinación de la morfología y la hidrología, que evidencia las áreas potenciales de producción de sedimentos a través de procesos de remoción en masa. (Kaless, 2007)

Montgomery y Dietrich (1994) desarrollaron el modelo Shalstab con base SIG que trabaja con unidades de celdas raster. El modelo considera una ladera infinita con un estrato estable de bajo espesor. El estado límite se evalúa con la ley de Mohr-Coulomb. Se asume como despreciable la cohesión del suelo o se la compensa con un mayor valor de ángulo de fricción interna. El modelo entrega como resultado el grado de saturación interna (h/z) necesario para desestabilizar la ladera

$$\frac{h}{z} = \frac{\rho_s}{\rho} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \Phi} \right)$$

Donde:

- **h:** altura del nivel freático sobre la superficie de deslizamiento.
- **z:** profundidad del suelo.
- **ρ_s y ρ :** densidad del suelo y del agua respectivamente.
- **$\tan \theta$:** pendiente de la ladera.
- **Φ :** el ángulo de fricción interna.

Esta fórmula permite definir dos estados límites. Cuando h/z es negativo la ladera resulta inestable para cualquier grado de saturación y viene llamada “incondicionalmente inestable”. En cambio, cuando h/z es mayor que uno se llama

“incondicionalmente estable” porque aún en caso de saturación la ladera es estable.

Para definir las situaciones intermedias es necesario agregar el modelo hidrológico.

(Kaless, 2007)

El modelo hidrológico considera un flujo subsuperficial en régimen permanente. Esta hipótesis es válida siempre y cuando no se presenten precipitaciones de gran

intensidad. Aplicando la ley de Darcy es posible arribar a la siguiente expresión que vincula el grado de saturación (h/z) con la precipitación eficaz (q).

$$\frac{h}{z} = \frac{q}{\rho} * WI$$

$$WI = \frac{a}{b * \text{sen } \theta}$$

Donde:

- **T:** trasmisibilidad del suelo.
- **a:** área drenada.
- **b:** dimensión de la celda ráster.

La relación q/T representa la magnitud de la precipitación relativa a la capacidad del suelo de conducir el agua. El factor WI (wetness index) describe el efecto de la morfología en el flujo subsuperficial. (Kaless, 2007)

Combinando ambas expresiones se obtiene una fórmula que permite evaluar la precipitación relativa (q/T) mínima para desestabilizar la ladera.

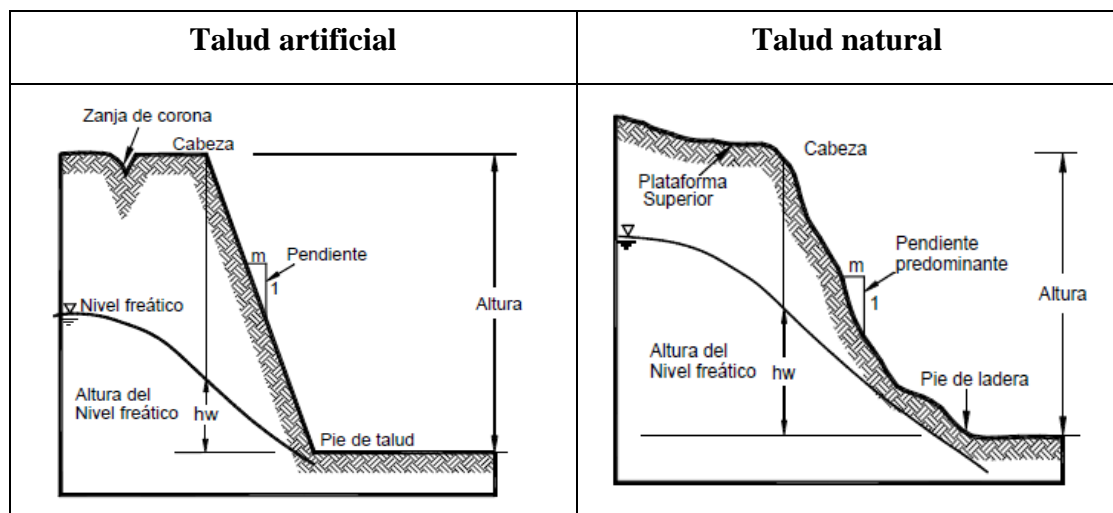
$$\frac{q}{T} = \frac{\rho_s}{\rho} \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) * \frac{1}{WI}$$

2.3.6 Taludes

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas.

Figura 9.

Tipos de taludes.



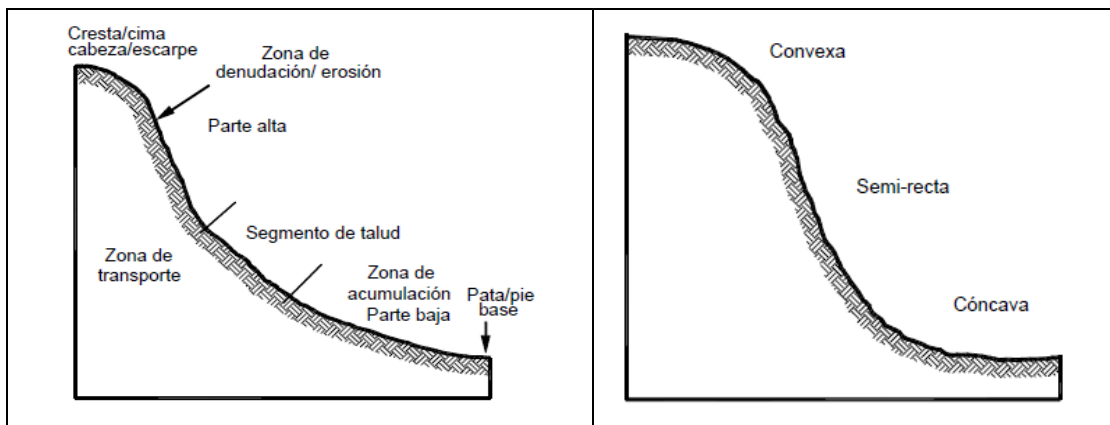
Fuente: (Suárez, 2009)

2.3.6.1 Partes de un Talud.

Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi - recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación.

Figura 10.

Partes principales de un talud.



Fuente: (Suárez, 2009)

- a) **Pie, pata o base:** el pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.
- b) **Cabeza, cresta, cima o escarpe:** cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi - vertical o de alta pendiente, se le denomina “escarpe”. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.
- c) **Altura:** es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.
- d) **Altura de nivel freático:** es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.

e) **Pendiente:** es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. (Suárez, 2009)

2.3.6.2 Tipos de Fallas que se Generan en Taludes.

Toda masa de suelo que constituya un talud natural, terraplén o corte, presenta una tendencia a desplazarse hacia la parte baja y al frente por efecto de su propio peso. Cuando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo contrarresta esa tendencia, el talud es estable; en caso contrario, se produce un deslizamiento.

Tabla 1.

Tipos de fallas que se genera en taludes.

Tipo de falla	Forma	Características
Desprendimientos	Caída Libre	Desprendimiento de bloques de suelo o roca en caída libre.
	Volcadura	Caída de un bloque de roca respecto a un pivote ubicado bajo el centro de gravedad.
Derrumbes	Planar	Movimiento de un bloque de suelo por roca a lo largo de una superficie de falla plana.
	Rotacional	Movimiento lento de una masa de suelo, roca o una combinación de los dos a lo largo de una superficie de falla bien definida.
	Desparramamiento lateral	Movimiento de diferentes bloques de suelo con desplazamientos distintos.
	Deslizamiento de escombros	Mezcla de suelo y pedazos de roca moviéndose a lo largo de una superficie de roca planar.
Avalanchas	Roca o escombros	Movimiento rápido de una masa incoherente de escombros de roca o suelo – roca donde no se distingue la estructura original del material.

Flujo	Escombros	Suelo o roca moviéndose como un flujo viscoso, desplazándose hasta distancias mucho mayores de la falla.
Repteo		Movimiento lento o imperceptible en el talud debajo de una masa de suelo o suelo – roca.

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Adaptado de Hunt (1984).

2.3.6.3 Análisis de Estabilidad de Taludes.

Para Reyes Suárez (2019), el análisis de estabilidad de taludes, tiene como propósito fundamental, determinar la probabilidad de falla de los taludes al momento de ocurrir un movimiento en masa en el suelo que lo forma, para de esta forma aportar para que el diseño de excavaciones y rellenos que dan origen a un talud o influyan en la estabilidad de una ladera natural, se desarrollen de manera segura y económica.

De esta manera, el análisis de estabilidad de taludes, se debe realizar en dos dimensiones, mismas que permitan estimar la dimensión de las fuerzas que incitan el movimiento y evaluar los momentos de resistencia, que actúan en los suelos que forman el talud. Para esto, se realiza un procedimiento un tanto complejo, en el que se calcula la interrelación existente entre los momentos resistentes y los momentos actuantes, obteniendo como resultado un factor de seguridad que ayuda a definir si una ladera es estable o inestable. (Reyes Suárez, 2019)

Por otra parte, como lo señala Suárez (1998), existen diferentes métodos para el análisis de estabilidad de taludes, siendo los más importantes, los métodos de equilibrio límite, los métodos numéricos y los métodos dinámicos.

De las metodologías mencionadas, los métodos de equilibrio límite, son los más utilizados y fáciles de aplicar, pues a través de estos, se puede analizar las fallas de

tipo rotacional, traslacional, de inclinación y las fallas en cuña. Estos métodos, usan ciertos parámetros, como la topografía del talud, estratigrafía, ángulo de fricción, cohesión del suelo, peso unitario, los niveles freáticos y las cargas externas existente. (Reyes Suárez, 2019)

Los métodos de equilibrio límite, analizan el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consisten en comparar las fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. Se basan en la selección de una superficie teórica de rotura en el talud; el criterio de rotura de Mohr-Coulomb; y la definición de un factor de seguridad. (Sanhueza Plaza & Rodríguez Cifuentes, 2013)

Entre las metodologías de análisis de estabilidad de taludes, categorizados en el grupo de métodos de equilibrio limite, se encuentran:

- a) **Método simplificado de Bishop (1955):** El método propuesto por Bishop en 1955 analiza la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas. Al tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en n fajas verticales, de manera de estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso. (Sanhueza Plaza & Rodríguez Cifuentes, 2013)
- b) **Método de Janbú (1968):** La principal consideración de este método es que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales, no tomando en cuenta las fuerzas cortantes. A diferencia de los métodos anteriores, en este caso la SPF no debe ser obligatoriamente circular. Esto se refleja en la aplicación de un factor de

corrección f_0 , el que depende netamente del nivel de curvatura que presente la superficie de rotura. (Sanhueza Plaza & Rodríguez Cifuentes, 2013)

- c) **Método ordinario o de Fellenius:** El método de Fellenius o también conocido como método ordinario, método de las dovelas, Método sueco, entre otros. Este método solo tiene en cuenta superficies de falla de forma circular, dividiendo el área en tajadas (dovelas), obteniendo las fuerzas cortantes entre cada una de las tajadas y con la sumatoria de momentos con respecto al centro del círculo se halla el factor de seguridad para el talud de estudio. (Poveda, Rodríguez, & Rosas, 2020)
- d) **Método de Hoek y Bray (1977):** Están basados en el uso del método del círculo de rozamiento, con distribución de N' concentrada en un punto. Introducen las condiciones hidrológicas del talud considerando cinco casos en los que la altura del nivel freático en la superficie del talud varía entre 0 y la altura total del mismo. (Poveda, Rodríguez, & Rosas, 2020)

2.3.7 Medidas de Reducción de Riesgo Para Controlar Movimientos en Masa

Las medidas de reducción de riesgo frente a movimientos en masa en taludes, deben apuntar a mitigar posibles impactos sobre el sistema ambiental, social, económico, infraestructura esencial, bienes materiales y medios de vida.

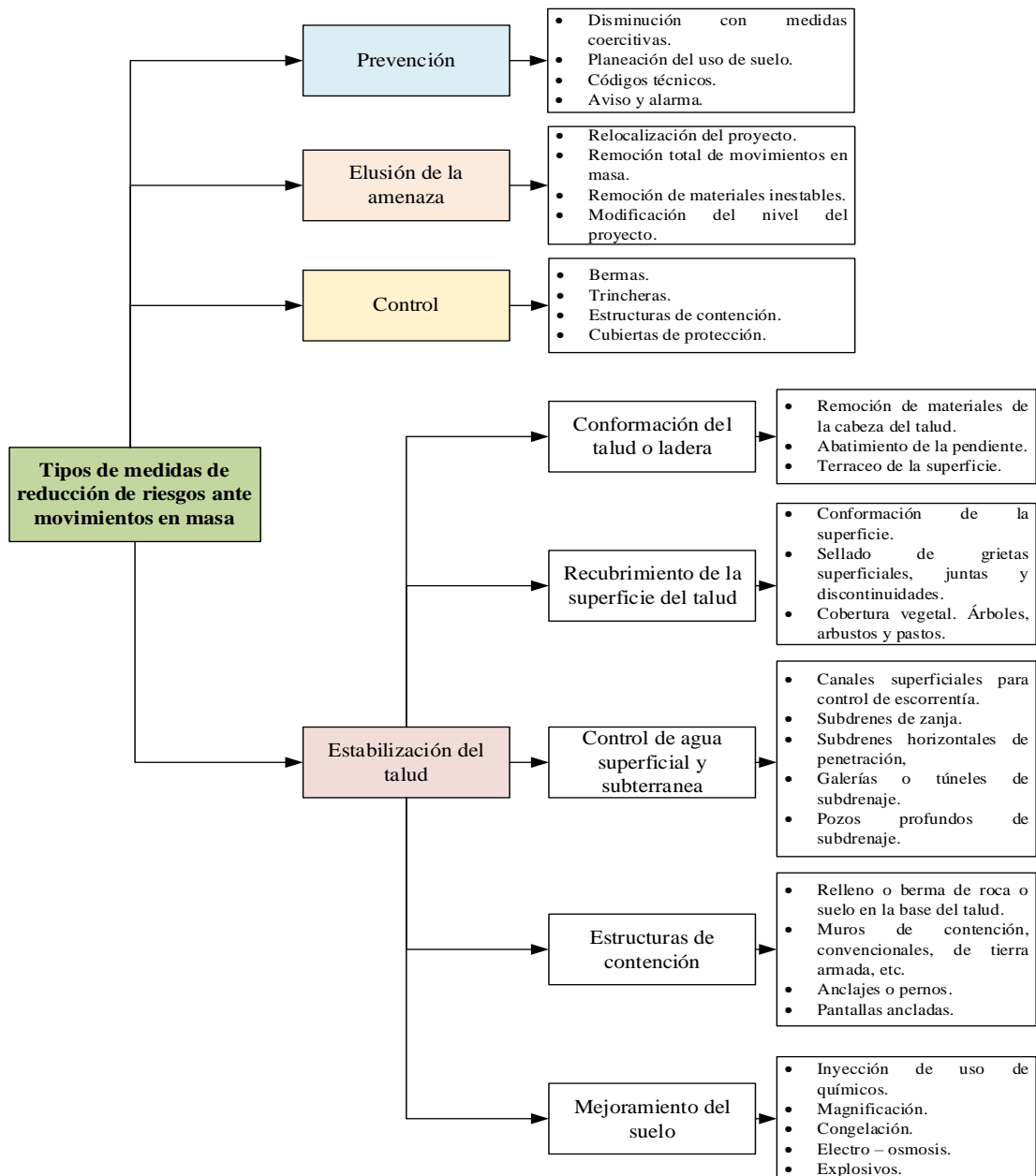
Dichas técnicas o medidas, con base a Alberti Arroyo, Canales Bernal, & Sandoval (2006), se suele agrupar de acuerdo a diferentes criterios, tales como la función que realizan, el método de ejecución, el impacto que genera, etc., pero a la vez una técnica podría desempeñar más de una sola función.

Por su parte, para García Bonilla & Restrepo Albarello (2016), las medidas de prevención y reducción de riesgos son obras destinadas a la reducción del riesgo o la

disminución del mismo a niveles “aceptables”. Este tipo de medidas pueden ser clasificadas de acuerdo a su impacto, es decir si las mismas son de prevención, elusión de la amenaza, control o estabilización, y la decisión de emplear alguna de estas medidas depende no solo de factores técnicos sino sociales, económicos y políticos.

Figura 11.

Clasificación de las medidas de reducción de riesgo frente a movimientos en masa.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Suárez, (1998)

2.3.7.1 Medidas Estructurales.

Para García Bonilla & Restrepo Albarello (2016), las medidas estructurales se pueden definir como, “aquellas obras de protección y control para la prevención y reducción de desastres mediante la intervención directa de la amenaza, en pro de impedir la ocurrencia de un desastre o controlar los efectos del mismo en el caso de que éste se presente”.

Asimismo, las obras de ingeniería que permiten tener un cierto grado de control sobre la amenaza de movimientos en masa, consisten en la construcción de estructuras de retención de material. Estas obras, tiene como propósito detener los deslizamientos una vez han iniciado, es decir una vez se presenten manifestaciones de desplazamientos en el terreno, desde la aparición de grietas superficiales mínimas o deslizamientos menores, para disminuirlo y de esta forma evitar deslizamientos mayores en la superficie. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

Son parte de las medidas estructurales, las acciones de control y las estrategias de estabilización de taludes, tales como:

a) Medidas estructurales de control

- Berma.
- Trincheras.
- Cubiertas de protección.

b) Medidas estructurales para estabilización de taludes

- Protección de la superficie del talud.
- Modificación de la topografía.
- Control de aguas superficiales y subterráneas.
- Estructuras de contención o anclaje.
- Mejoramiento del suelo. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

2.3.7.2 Medidas no Estructurales.

Las medidas no estructurales, como menciona García Bonilla & Restrepo Albarello (2016), son “aquellas acciones no físicas orientadas a educar, prevenir, legislar, mitigar, y atender riesgos actuales o futuros. Aunque aún son poco frecuentes, juegan un papel fundamental en los procesos de gestión del riesgo de desastres y son tanto o más eficaces que las medidas estructurales”.

Estas medidas pueden ser activas o pasivas:

a) Medidas activas: son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa

con las personas, como, por ejemplo:

- La organización para atención de emergencias.
- El desarrollo y fortalecimiento institucional.
- La educación formal y capacitación.
- La información pública y campañas de difusión.
- La participación comunitaria.
- La gestión a nivel local.

b) Medidas pasivas: son aquellas más directamente relacionadas con la legislación

(políticas públicas) y la planificación, como las siguientes:

- Códigos y normas de construcción.
- Reglamentación de usos del suelo y ordenamiento territorial.
- Estímulos fiscales y financieros.
- Promoción de seguros.

Estas medidas no estructurales no requieren de significativos recursos económicos y en consecuencia son muy propicias para consolidar los procesos de reducción del riesgo en los países en desarrollo. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

2.4 Marco Legal

Dentro del marco jurídico del Ecuador existen diferentes leyes y reglamentos orientados en la gestión de riesgos y relacionados con la vialidad del territorio nacional, basados en proteger a la población en general y minimizar los efectos negativos en el uso de las vías.

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, (2008) en la sección novena en referencia a la 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”.

Art. 390.- “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará 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 respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad”.

2.4.2 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas

Art. 64.- Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo. -En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones

favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. (Ministerio de Finanzas del Ecuador, 2010)

2.4.3 Ley de Seguridad Pública y del Estado

Art. 4.- De los principios de la seguridad pública y del Estado. - La seguridad pública y del Estado se sujetará a los derechos y garantías establecidos en la Constitución de la República, los tratados internacionales de derechos humanos, y se guiará por los siguientes principios:

c) Prioridad y oportunidad. - El Estado en sus planes y acciones de seguridad, dará prioridad a la prevención basada en la prospección y en medidas oportunas en casos de riesgos de cualquier tipo. (Asamblea Nacional, 2009)

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.

2.4.4 Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado

Art. 3.- Del órgano ejecutor de Gestión de Riesgos. - El Servicio Nacional de Gestión de Riesgos es el órgano rector y ejecutor del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos. Dentro del ámbito de su competencia le corresponde:

(Constitución de la República, 2010)

- a) Identificar los riesgos de orden natural o antrópico, para reducir la vulnerabilidad que afecten o puedan afectar al territorio ecuatoriano;
- b) Generar y democratizar el acceso y la difusión de información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo;
- c) Asegurar que las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión;
- d) Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción;
- e) Gestionar el financiamiento necesario para el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos y coordinar la cooperación internacional en este ámbito;
- f) Coordinar los esfuerzos y funciones entre las instituciones públicas y privadas en las fases de prevención, mitigación, la preparación y respuesta a desastres, hasta la recuperación y desarrollo posterior;
- g) Diseñar programas de educación, capacitación y difusión orientados a fortalecer las capacidades de las instituciones y ciudadanos para la gestión de riesgos; y,
- h) Coordinar la cooperación de la ayuda humanitaria e información para enfrentar situaciones emergentes y/o desastres derivados de fenómenos naturales, socio naturales o antrópicos a nivel nacional e internacional.

Art. 18.- Rectoría del Sistema. - El Estado ejerce la rectoría del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo, cuyas competencias son:

- a. Dirigir, coordinar y regular el funcionamiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos;
- b. Formular las políticas, estrategias, planes y normas del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos, bajo la supervisión del Ministerio de Coordinación de Seguridad, para la aprobación del presidente de la República;
- c. Adoptar, promover y ejecutar las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de las políticas, estrategias, planes y normas del Sistema;
- d. Diseñar programas de educación, capacitación y difusión orientados a fortalecer las capacidades de las instituciones y ciudadanos para la gestión de riesgos;
- e. Velar por que los diferentes niveles e instituciones del sistema, aporten los recursos necesarios para la adecuada y oportuna gestión;
- f. Fortalecer a los organismos de respuesta y atención a situaciones de emergencia, en las áreas afectadas por un desastre, para la ejecución de medidas de prevención y mitigación que permitan afrontar y minimizar su impacto en la población; y,
- g. Formular convenios de cooperación interinstitucional destinados al desarrollo de la investigación científica, para identificar los riesgos existentes, facilitar el monitoreo y la vigilancia de amenazas, para el estudio de vulnerabilidades.

Art. 19.- Conformación. - El Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos: local, regional y nacional.

Art. 20.- De la Organización. - La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, como órgano rector, organizará el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos, a través de las herramientas reglamentarias o instructivas que se requieran.

Art. 21.- Comité Consultivo Nacional de Gestión de Riesgos. - Es una instancia técnica interinstitucional e intersectorial de asesoría y apoyo a la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

Art. 24.- De los Comités de Operaciones de Emergencia (COE). - son instancias interinstitucionales responsables en su territorio de coordinar las acciones tendientes a la reducción de riesgos, y a la respuesta y recuperación en situaciones de emergencia y desastre. Los Comités de Operaciones de Emergencia (COE), operarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico, como lo establece el artículo 390 de la Constitución de la República. Existirán Comités de Operaciones de Emergencia Nacionales, provinciales y cantonales, para los cuales la Secretaría Nacional Técnico de Gestión de Riesgos normará su conformación y funcionamiento.

Art. 25.- De la Educación. - La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, en coordinación con el Ministerio de Educación, incorporará la gestión de riesgos en los programas de educación básica, media y técnica en el idioma oficial del Ecuador y en los idiomas oficiales de relación intercultural.

Art. 26.- De la Capacitación. - La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos diseñará y aplicará programas de capacitación dirigidos a las autoridades, líderes comunitarios, población en general y medios de comunicación, para desarrollar en la sociedad civil destrezas en cuanto a la prevención, reducción mitigación de los riesgos de origen natural y antrópico.

Art. 27.- De la Comunicación y Difusión. - El organismo Rector, contará con una estrategia nacional de comunicación social sobre gestión de riesgos

2.4.5 Ley Orgánica del Sistema de Contratación Pública

Art. 6.- Definiciones.

31. Situaciones de Emergencia: Son aquellas generadas por acontecimientos graves tales como accidentes, terremotos, 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)

Art. 57.- Procedimiento. - Para atender las situaciones de emergencia definidas en el número 31 del artículo 6 de esta Ley, previamente a iniciarse el procedimiento, el Ministro de Estado o en general la máxima autoridad de la entidad deberá emitir resolución motivada que declare la emergencia, para justificar la contratación. Dicha resolución se publicará en el Portal COMPRAS PUBLICAS. La entidad podrá contratar de manera directa, y bajo responsabilidad de la máxima autoridad, las obras, bienes o servicios, incluidos los de consultoría, que se requieran de manera estricta para superar la situación de emergencia. Podrá, inclusive, contratar con empresas extranjeras sin requerirlos requisitos previos de domiciliación ni de presentación de garantías; los cuales se cumplirán una vez suscrito el respectivo contrato. En todos los casos, una vez superada la situación de emergencia, la máxima autoridad de la Entidad Contratante publicará en el Portal COMPRASPUBLICAS un informe que detalle las contrataciones realizadas y el presupuesto empleado, con indicación de los resultados obtenidos.

2.4.6 Código Orgánico de Organización Territorial (COOTAD)

Art 140.-Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. -La gestión de riesgos 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. (Asamblea Nacional, 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 Glosario de Términos

Amenaza: puede ser comprendida como el proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales. (Asamblea General de Naciones Unidas, 2016)

Ángulo de fricción interna: representa el parámetro más importante en la evaluación de la resistencia al corte, lo cual permite evaluar sus capacidades portantes última y admisible. (Covo, Tuirán, Jaraba, & Pereira, 2012)

Bermas: es una forma de terraceo revegetalizado y con manejo superficial de aguas (cunetas), diseñadas en contrapendiente entre el 5% y 10% hacia dentro del talud. Son usados especialmente en casos de caída de rocas, para los cuales se diseñan bermas anchas. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016)

Densidad del suelo: dimensión referida al total de material contenido dentro de un determinado volumen. Esta presenta la relación existente entre la masa que tiene un

cuerpo o sustancia y el volumen que está ocupa en el espacio donde se presente.

(Sanzano A, 2022)

Deslizamiento: son movimientos ladera debajo de una masa de suelo, detritos o roca, la cual ocurre sobre una superficie reconocible de ruptura. Con frecuencia, la formación de grietas transversales es la primera señal de la ocurrencia de este tipo de movimientos, las cuales se localizan en la zona que ocupara el escarpe principal.

(Alcántara Ayala, 2000)

Estabilidad de talud: un talud es estable cualquiera sea su altura, siempre que el ángulo (β) entre el talud y la horizontal sea igual o menor que el ángulo de fricción interna (Φ) de la arena en estado suelto. (Geotecnia y Mecanica de Suelos , 2022)

Evento peligroso: es la manifestación o materialización de una o varias amenazas en un periodo de tiempo específico. (Asamblea General de Naciones Unidas, 2016)

Factor de seguridad: es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. (Pinzón García, 2012)

Inestabilidad de talud: momento en que la masa de suelo se moviliza producto de los esfuerzos actuantes sobre ella superiores a su resistencia al corte. Existen a la vez muchos factores que afectan la resistencia al corte del suelo y muchas circunstancias que pueden adherir esfuerzos a este. (Schmalbach, 2022)

Redes vitales: son aquellos sistemas indispensables para la vida, el desarrollo y el sostenimiento de una sociedad. Se incluye en las mismas los servicios de agua, alcantarillado, energía eléctrica, comunicaciones, gas natural, combustibles líquidos y sistemas de transporte. (PNUD, 2012)

Medidas de reducción de riesgo: acciones orientadas a la prevención de nuevos riesgos de desastres y a la reducción de los existentes, a la gestión del riesgo residual, todo lo que contribuye a fortalecer la resiliencia y, por consiguiente, al logro del desarrollo sostenible. (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2018)

Medidas estructurales: toda construcción material que tiene por objeto reducir o evitar el posible impacto de las amenazas, o la aplicación de técnicas de ingeniería o tecnología para lograr la resistencia y resiliencia a las amenazas en estructuras o sistemas. (Asamblea General de Naciones Unidas, 2016)

Medidas no estructurales: puede definirse como aquellas acciones no físicas orientadas a educar, prevenir, legislar, mitigar y atender riesgos actuales o futuros. Aunque son poco frecuentes, juegan un papel fundamental en los procesos integrales de gestión del riesgo de desastres y son tanto o más eficaces que las medidas estructurales. (García Bonilla & Restrepo Albarello, 2016, pág. 80)

Microcuenca hidrográfica: unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación, se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago o mar, en esta zona viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. (Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2002)

Movimiento en masa: es el desplazamiento (de manera súbita o lenta) de material del suelo, roca o ambas, sobre una pendiente, y cuya ocurrencia se puede presentar de manera natural o influenciada por acciones antrópicas. (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, 2020)

Pendiente: como pendiente se denomina al grado de inclinación de un terreno en relación con la horizontal de una vertiente. En este sentido, mientras más pronunciada sea la inclinación, mayor será la pendiente. (Significados.com, 2022)

Susceptibilidad a movimientos en masa: grado de ocurrencia a un movimiento en masa, debido a la interacción de diversos factores propios de las laderas y de su entorno, como condiciones geomorfológicas, geológicas, estructurales, climatológicas y biológicas. (Trujillo Cataño & Valencia Morales, 2016)

Talud: se refiere a una superficie inclinada con respecto a la horizontal, adoptando esa posición de forma temporal o permanente en la mayoría de los casos, suelen ser estructuras compuestas por el mismo suelo, roca, concreto armado u otro material que puede contener la presión ocasionada por el suelo. (Pinto, 2022)

Textura del suelo: se refiere al tamaño de las partículas que forman el suelo. Los términos arena, limo y arcilla se refieren a tamaños relativos de las partículas del suelo. (Laboratorio CSR, 2019)

Vulnerabilidad: son aquellas condiciones que pueden ser determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas. (Asamblea General de Naciones Unidas, 2016)

Zona inestable: expresión utilizada para calificar el terreno donde la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa y erosión lineal intensa puede calificarse entre alta y muy alta. Corresponden a terrenos con factores de seguridad iguales a, o menores que 1.1. (Zuloaga, 2017)

2.6 Sistema de Variables

➤ **Variable independiente:**

Criterio de Falla MOHR – COULOMB.

➤ **Variable dependiente:**

Movimientos en masa.

2.7 Operacionalización de Variables

Tabla 2.

Variable independiente: Criterio de Falla MOHR - COULOMB.

DIMENSIÓN	ÍTEM - INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	
Insumos del criterio de Falla de MOHR - COULOMB	Textura del suelo	Arcillo arenoso	Informe de resultado de análisis de suelo de Laboratorio de Investigación y Vinculación UEB.	
		Franco arenoso		
		Arenoso franco		
	Densidad real del suelo	2488 kg/m ³	Informe de resultado de análisis de suelo de Laboratorio de Investigación y Vinculación UEB.	
		2878 kg/m ³		
		3074 kg/m ³		
	Ángulo de fricción del material	< 30°	Muy suelta	ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB.
		30° – 32°	Suelta	
		32° – 35°	Media	
		35° – 38°	Densa	
>38°		Muy densa		
Pendiente	0 – 10%	Mapa de pendientes generado en ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB, de acuerdo a la microcuena: ➤ Batan ➤ Telimbela ➤ El Cristal		
	10 – 20%			
	20 – 41%			
	41 – 60%			
	60 – 70%			
	70 – 80%			
	80 – 100%			
	Mas de 100%			

Zonas de acumulación	Por debajo de 25	Mapa de zonas de acumulación del área de estudio, producido mediante el módulo SHALSTAB del Software ArcView GIS 3.2 en base a la microcuenca: ➤ Batan ➤ Telimbela ➤ El Cristal
	25 – 50	
	50 – 100	
	100 – 200	
	200 – 500	
	500 – 1000	
	1000 – 2000	
	2000 – 4000	
	Sobre 4000	
Índice q/T de zonas inestables	Crónica inestabilidad	Modelo q/T de zonas inestables, por cada microcuenca tomada en consideración para el estudio: ➤ Batan ➤ Telimbela ➤ El Cristal Software Global Mapper.
	< - 3.1	
	-3.1 a -2.8	
	-2.8 a -2.5	
	-2.5 a -2.2	
	>-2.2	
Estable		

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Tabla 3.*Variable dependiente: Movimientos en masa.*

DIMENSIÓN	ÍTEM – INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Susceptibilidad a movimientos en masa	Zonas susceptibles a movimientos en masa	q/T < - 3.1	Muy alta susceptibilidad
		q/T -3.1 a -2.8	Alta susceptibilidad
		q/T -2.8 a -2.5	Media susceptibilidad
		q/T -2.5 a -2.2	Media baja susceptibilidad
		q/T >-2.2	Baja susceptibilidad
		q/T >0.0	No existe susceptibilidad
Estabilidad e inestabilidad del talud	Factor de seguridad	FS >1.60	Estabilidad aceptable (Estable)
		FS =1.60	Estabilidad indiferente (Punto de rotura)
		FS <1.60	Estabilidad no aceptable (Inestable)

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de Investigación

Para la elaboración de la presente investigación sobre la “*Aplicación del criterio de falla de MOHR – COULOMB para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado*”, el nivel de investigación a emplearse será de tipo descriptivo.

Descriptivo:

Se emplea el nivel descriptivo, debido a que, en primera instancia mediante la observación de ciertas características de la zona de estudio, se pretende obtener información y datos detallados sobre parámetros relacionados con la composición del suelo, presencia de pendientes, niveles de precipitación, etc., para a partir de esto, proceder a determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado.

En un segundo momento, a través del análisis de ciertos criterios (factor de seguridad, puntos de medición, tipo de suelo y coeficiente sísmico horizontal) y la utilización del método simplificado de Bishop (método de rebanadas), se procederá a estimar el grado de estabilidad de los taludes localizados en la vía Chimbo – El Torneado.

Posterior a lo expuesto y en base a los resultados obtenidos, de forma precisa se detallará las medidas de reducción de riesgos, que son necesarias implementar en el área de estudio, a fin de disminuir los niveles de ocurrencia de movimientos en masa.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de investigación a utilizarse en el presente proyecto, tiene un enfoque transversal.

Transversal:

Dado que únicamente los investigadores, a partir de la observación pretenden recopilar y registrar la información sobre determinado tema, sin realizar ningún tipo de manipulación en el entorno del área de estudio ni evaluación posterior.

Además, se usa este tipo de investigación ya que, se busca determinar en tiempo real las zonas susceptibles a movimientos en masa y analizar la estabilidad de los taludes localizados en zonas vulnerables a dicho fenómeno.

3.3 Población y Muestra

La población sujeto de estudio, está conformada por los habitantes del cantón Chimbo y del cantón San Miguel, debido a que la vía Chimbo – El Torneado atraviesa los dos territorios en aproximadamente 40 km.

Partiendo de lo expuesto, y para estimar de manera más acertada la población a partir de la cual se realizará la investigación, únicamente se contabilizará a los habitantes de las parroquias por las cuales atraviesa la vía Chimbo – El Torneado de los dos cantones.

Es así, que, en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San José de Chimbo, la carretera Chimbo – El Torneado, cruza la parroquia La Asunción (2837 personas) y La Magdalena (2819 habitantes). (GAD del Cantón Chimbo, 2020, págs. 11-12)

Mientras que, del Cantón San Miguel, la parroquia por la cual atraviesa la vía en estudio, es Balsapamba con una población de 2765 personas. (GAD del Cantón San Miguel de Bolívar, 2020, pág. 92)

Con base a lo expuesto, se puede evidenciar que la población objeto de estudio está conformada por un total de 8421 personas, distribuidas en dos parroquias del Cantón Chimbo y una parroquia del Cantón San Miguel.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos e información, se tendrá dos tipos de fuentes, siendo una de ellas la fuente primaria, misma que proporcionara datos directos sobre el tema objeto de esta investigación; y la otra será la fuente secundaria, la cual brindara información de segunda mano, para obtener una visión general sobre el tópico de estudio.

Fuente primaria – Observación directa: a través de la observación directa en la vía Chimbo – El Torneado, se busca examinar ciertas cualidades del territorio, como, la composición del suelo (textura y densidad), existencia de pendientes, niveles de precipitación (zonas de acumulación) y zonas de inestabilidad del suelo. Estos elementos una vez analizados, facilitaran la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa existentes en la arteria vial antes indicada.

Asimismo, en un segundo instante mediante la observación de campo, se intenta poner en evidencia las características de los taludes situados en zonas susceptibles a movimientos en masa, obtener puntos de medición en longitud y altitud e identificar coordenadas de localización geográfica, para desarrollar el respectivo análisis de estabilidad de taludes mediante el software GEO 5, y de esta manera conocer si el talud es estable o inestable.

Instrumento de recolección de datos: se utiliza una ficha técnica de observación de campo, conformada por 5 componentes: datos generales, descripción del sitio, características de los taludes, otras consideraciones y firmas de responsabilidad.

(Anexo N°. 3)

Fuente secundaria – Revisión Bibliográfica: para efectos del trabajo de investigación, se desarrolla una revisión bibliográfica – documental, sobre la temática de investigación y otros tópicos relacionados a la misma, en páginas web, artículos científicos, tesis de pre y post grado, estudios científicos, plataformas digitales, etc.

La revisión bibliográfica a realizar, contribuye a sustentar de manera adecuada las bases teóricas, sobre movimientos en masa, estabilidad de taludes, medidas de reducción de riesgos y metodologías empleadas para la determinación de zonas susceptibles.

A la par de esto, por cada uno de los objetivos específicos planteados, se aplicará diferentes técnicas de recolección de datos y metodologías de trabajo, las cuales se presentan a continuación:

Objetivo Especifico 1

En el caso del objetivo 1, el cual hace mención a “determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado”, se realizará un breve diagnóstico de la situación actual del territorio para conocer las características generales del mismo, posterior a ello se efectuará la revisión bibliográfica en cuanto refiere a la aplicación del Criterio de Falla de MOHR – COULOMB y recopilar ciertos datos de interés para el estudio. Asimismo, mediante una recolección y análisis de muestra del suelo de las microcuencas que inciden en el terreno por el cual atraviesa la vía Chimbo – El Torneado, se busca conocer la textura, densidad real y

ángulo de fricción del suelo. Además, por medio de la utilización de determinadas aplicaciones informáticas, se obtendrá la Ortofoto del área de estudio, el Modelo Digital de Elevación, microcuencas delimitadas, curvas de nivel, mapa de pendientes, modelo de zonas de acumulación y modelo de zonas inestables, insumos básicos para aplicar el método de MOHR – COULOMB.

Objetivo Específico 2

Para realizar el análisis de estabilidad de taludes, se tendrá en consideración los resultados del objetivo específico 1, para de esta forma identificar los taludes que se sitúan en zonas de susceptibilidad a movimientos en masa. A través de la observación de campo, se recolectará, datos de coordenadas de localización, ubicación por kilómetro, características generales y puntos de medición en longitud y altitud de los taludes, para lo cual se ha diseñado y validado una Ficha Técnica de Observación (Anexo N° 3), en la cual se plasmará los resultados del trabajo de campo.

Por otro lado, examinando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se precisará el Factor de Seguridad referencial para determinar la estabilidad de los taludes y el Coeficiente Sísmico Horizontal.

Objetivo Específico 3

La metodología a emplear para la formulación de medidas de reducción de riesgo ante movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, tiene un enfoque sintético – descriptivo, pues a través de la revisión documental sobre literatura de técnicas de mitigación de riesgos aplicadas a taludes y zonas susceptibles al evento peligroso señalado, se establece dos tipos de medidas de acuerdo a la realidad del territorio en el que se lleva a cabo la investigación; siendo la primera de estas las medidas estructurales, las cuales son toda obra física que ayuda a prevenir, mitigar y controlar

riesgos actuales y futuros; mientras que el segundo tipo de medidas a formularse son las medidas no estructurales, cuyo enfoque se direcciona a las acciones no físicas que aportan a atender los riesgos existentes en la localidad.

3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos Para Cada uno de los Objetivos Específicos

El procesamiento y análisis de los datos e información recopilada, se efectuará por medio de la utilización de varios software o aplicaciones informáticas, mismos que están alineados a cada uno de los objetivos específicos y a los resultados que se pretende alcanzar. Dichas aplicaciones, permitirán determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, analizar la estabilidad de los taludes y establecer medidas de reducción de riesgos en dicha área de estudio.

De forma general en el presente trabajo investigativo, se usará los siguientes programas:

- **Microsoft Word:** como procesador de texto para la elaboración, diseño y redacción de informes para el trabajo de investigación.
- **Google Earth Pro:** para importar y exportar imágenes del área de estudio y datos GIS.
- **ALOS PALSAR:** como una herramienta para la obtención del modelo digital de elevación (DEM) del área de estudio a 12.5 m, el cual viene acompañado con las respectivas imágenes radar en formato TIF Y JPG.
- **ArcGIS 10.5:** se utilizará para la delimitación de las cuencas hidrográficas en la vía Chimbo – El Torneado, a partir del modelo digital de elevación (DEM), mismas que servirán para determinar las zonas de acumulación.

- **ArcView GIS 3.2 – Modulo Shalstab:** para la representación de imágenes y datos georreferenciados del área de estudio, generar curvas de nivel, mapa de pendientes, identificar zonas de acumulación, zonas inestables, y determinar las zonas susceptibles a movimiento en masa en la vía Chimbo – El Torneado.
- **Global Mapper 23.0:** aplicación informática por medio de la cual, se analizará, procesará y presentará el resultado final del análisis de zonas susceptibles a movimientos en masa, áreas de suelo estable e inestable y además a través de esta herramienta se identifica los taludes situados en áreas susceptibles.
- **Software GEO 5 – Modulo Estabilidad de Taludes:** mecanismo por medio del cual, se examina el grado de estabilidad de los taludes identificados en las zonas susceptibles a movimientos en masa en la arteria vial Chimbo – El Torneado.

Técnicas para el procesamiento y análisis de datos del objetivo específico 1

Para determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, como punto de partida se realiza un breve diagnóstico del área de estudio, con la finalidad de conocer las características y condiciones actuales del mismo.

El procedimiento para la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa, inicia con la generación de cuencas hidrográficas cercanas a la vía, por medio del programa ArcGIS 10.5 y en base al modelo digital de elevación (DEM) a 12.5 m obtenido desde ALOS PALSAR. Con las microcuencas ya delimitadas en relación al área de estudio, estas se proceden a cargar en el software ArcView GIS 3.2 para generar por medio del Módulo SHALSTAB varios productos, tales como, las curvas de nivel, mapa de pendientes, mapa de zonas de acumulación y zonas inestables,

mismos que son insumos necesarios para la aplicación del criterio de falla de MOHR – COULOMB.

A más de los insumos detallados, es fundamental generar otro tipo de información referente a, la densidad del material, el ángulo de fricción del material, y la textura del suelo (Anexo N° 2). Dichos insumos permitirán estimar el grado de saturación interna de determinada ladera, lo cual a su vez ayuda a definir si cierta ladera es “incondicionalmente estable” o “incondicionalmente inestable”.

Una vez, que se ha generado estos insumos, por medio del programa Global Mapper 23.0, se procede analizar los resultados alcanzados, obteniendo de esta forma el mapa de zonas de susceptibilidad a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado. Además, luego del análisis de estabilidad de los taludes, se comprueba si existe coincidencia entre los movimientos en masa generados en el área de estudio y las zonas de inestabilidad.

Método a emplear para análisis de datos

Para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, se aplicará el Criterio de Falla MOHR COULOMB, el cual requiere varios insumos de trabajo, tales como: delimitación de microcuencas (para fines del estudio se ha de delimitar 3 microcuencas: Batan, Telimbela y El Cristal); Modelo Digital de Elevación (DEM) a 12.5 m; Análisis del suelo; textura, densidad real y ángulo de fricción del material; curvas de nivel, mapa de pendiente, mapa de zonas de acumulación y zonas inestables, generadas mediante el módulo SHALSTAB.

a) Modelo Digital de Elevación (DEM): el DEM debe descargarse desde ALOS PALSAR, a una resolución de 12.5 m, para disponer de una mejor resolución a partir de información SAR.

- b) Delimitación de microcuencas:** la vía Chimbo – El Torneado, al atravesar por el Cantón Chimbo y San Miguel de Bolívar, se ve influenciada por 3 microcuencas, El Batan, Telimbela y El Cristal, razón por la cual se ha de delimitar estas tres microcuencas mediante el Software ArcGIS 10.5.
- c) Mapa de curvas de nivel:** al momento de poseer las microcuencas delimitadas, estas deben cargarse en ArcView GIS 3.2, luego de haber configurado el módulo SHALSTAB. Posterior a esto usando la herramienta SHAL SPACIAL – Create Contours, se crea las curvas de nivel a una distancia de 10 metros.
- d) Mapa de pendientes:** usando la herramienta SHAL TAB TOPO – Slope, crear el mapa de pendientes del área de estudio, en base a cada una de las microcuencas, mismo que arrojará los grados de inclinación de estas.

Tabla 4.

Grados de inclinación de pendientes.

Insumo	Grados de Inclinación
Pendientes del área de estudio	0 – 10%
	10 – 20%
	20 – 41%
	41 – 60%
	60 – 70%
	70 – 80%
	80 – 100%
	Mas de 100%

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

e) **Modelo a/b de zonas de acumulación:** en el módulo SHALSTAB, empleando el instrumento SHALTAB TOPO – Contribuild Area, se debe diseñar el mapa de zonas de máxima acumulación.

Tabla 5.

Valores de los niveles de máxima acumulación.

Insumo	Valores de acumulación
	Por debajo de 25
	25 – 50
	50 – 100
	100 – 200
Zonas de acumulación en mm	200 – 500
	500 – 1000
	1000 – 2000
	2000 – 4000
	Sobre 4000

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB.

f) **Modelo q/T de zonas inestables:** para elaborar el modelo q/T de zonas inestables, se realiza un análisis del suelo, el mismo que ayude a determinar la textura, densidad real y ángulo de fricción del suelo (Anexo N° 2), de cada microcuenca de estudio. Luego usando la opción SHALTAB – q/T from slope and área grids, se diseña el modelo q/T para determinar las zonas incondicionalmente estables y las incondicionalmente inestables.



Tabla 6.*Modelo q/T de zonas inestables.*

Insumo	Índice q/T
Modelo q/T	Crónica inestabilidad
	< - 3.1
	-3.1 a -2.8
	-2.8 a -2.5
	-2.5 a -2.2
	>-2.2
Estable	

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.**Fuente:** ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB.

En base al modelo q/T de zonas inestables, se diseña el mapa de estabilidad e inestabilidad de la vía Chimbo – El Torneado, en Global Mapper 23.0, para esto se clasifica en dos categorías, zonas inestables representadas en color celeste con valores que fluctúan en un rango de >0.0 a -10.0 y zonas estables simbolizadas con color verde cuyos valores se encuentran entre 0.0 y 10.0

Tabla 7.*Zonas de inestabilidad y estabilidad según índice q/T.*




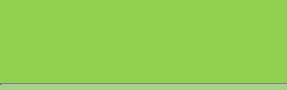

N°	Categoría	Simbología	Ponderación
1	Estable		0.0 a 10.0 m
2	Inestable		>0.0 a -10.0 m

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.**Fuente:** ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB.

Finalmente, tomando como referencia los valores del modelo q/T de zonas inestables, se elabora el mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa de la vía Chimbo – El Torneado, categorizado en 6 niveles con su respectiva simbología e índice de susceptibilidad.

Tabla 8.

Zonas susceptibles a movimientos en masa en base al índice q/T .

N°	Categoría	Simbología	Índice de susceptibilidad
1	Muy alta susceptibilidad		$q/T < - 3.1$
2	Alta susceptibilidad		$q/T -3.1$ a -2.8
3	Media susceptibilidad		$q/T -2.8$ a -2.5
4	Media baja susceptibilidad		$q/T -2.5$ a -2.2
5	Baja susceptibilidad		$q/T > -2.2$
6	No existe susceptibilidad	Varios colores	$q/T > 0.0$ a 10.0

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Procedimiento a utilizar para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la Vía Chimbo – El Torneado

Los insumos utilizados en el proceso de determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa, comprenden:

- Ortofoto del área de estudio.
- Delimitación de microcuencas (para fines del estudio se ha delimitado 3 microcuencas: Batan, Telimbela y El Cristal).

- Modelo Digital de Elevación (DEM) a 12.5 m.
- Análisis del suelo de cada una de las microcuencas (textura y densidad del suelo).
- Ángulo de fricción del material.
- Generación de curvas de nivel, mapa de pendiente, mapa de zonas de acumulación y zonas inestables, mediante el módulo SHALSTAB.

Descripción del procedimiento a utilizar en la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado

El procedimiento para determinar zonas de susceptibilidad a movimientos en masa, está constituido por 3 fases fundamentales, siendo estas: 1) la *etapa preliminar*, en la que se genera ciertos insumos útiles para el análisis de susceptibilidad; 2) *etapa de análisis*, en esta, mediante la aplicación informática ArcView GIS 3.2 se analiza los insumos generados en la etapa preliminar y se desarrolla nuevos elementos necesarios para la aplicación del criterio de falla de MOHR - COULOMB y en la 3) *etapa de resultados* se procede a examinar y presentar los productos creados, poniendo en evidencia las zonas de susceptibilidad ante movimientos en masa en el trayecto de la vía Chimbo – El Torneado.

Tabla 9.

Etapas e insumos para la determinación de zonas de susceptibilidad a movimientos en masa.

Etapa	Insumos y/o Productos
Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Delimitación del área de estudio: archivo shape de la arteria vial. ➤ Modelo Digital de Elevación (DEM) a 12.5 m. ➤ Delimitación de microcuencas: Batan, Telimbela, El Cristal. ➤ Análisis de suelo: textura y densidad del suelo.

-
- | | |
|-----------------|------------------------------------|
| Análisis | ➤ Ángulo de fricción del material. |
| | ➤ Curvas de nivel. |
| | ➤ Mapa de pendiente. |
| | ➤ Mapa de zonas de acumulación. |
| | ➤ Mapa de zonas inestables. |
-

- | | |
|-------------------|---|
| Resultados | ➤ Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa. |
|-------------------|---|
-

Elaborado por: Estrata K & Pucha E, 2022.

Nota: en la **Tabla 11.** se muestra los insumos y productos que se utiliza y genera en cada una de las etapas del proceso de determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa.

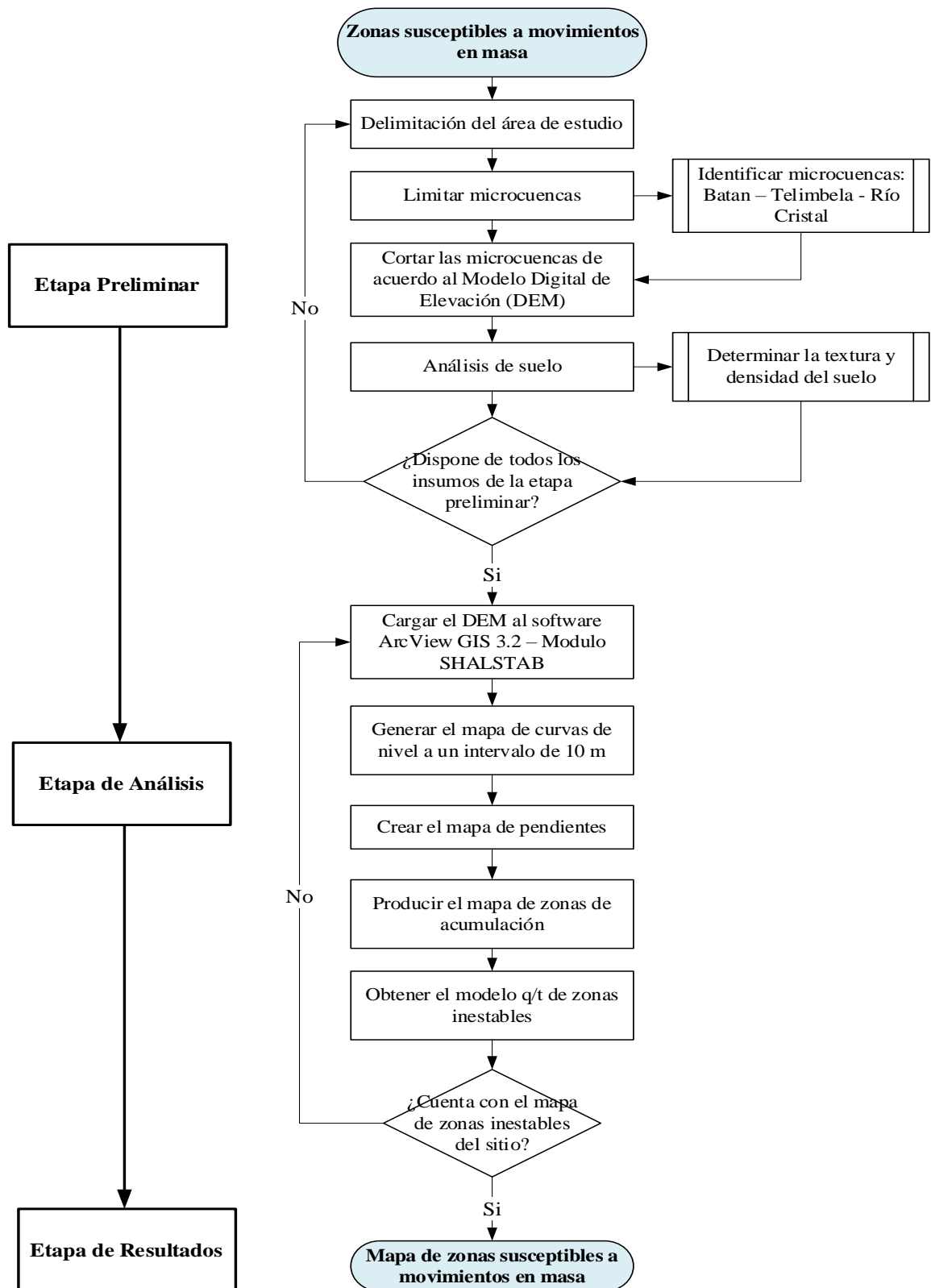
Diagrama de flujo del procedimiento a utilizar para la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa

A través del uso de diagramas de flujos, se sintetiza de mejor manera el procedimiento aplicado para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, pues estos muestran de forma secuencial y ordenada cada uno de los pasos y decisiones que se deben realizar y/o adoptar para obtener el producto final, de acuerdo a cada etapa de trabajo, sean estas:

- Etapa preliminar
- Etapa de análisis
- Etapa de resultados

Figura 12.

Diagrama de flujo para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022

Técnicas para el procesamiento y análisis de datos del objetivo 2

El análisis de estabilidad de los taludes localizados en las zonas de susceptibilidad a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, parte por la identificación de taludes en el transcurso de la carretera en estudio y la recopilación de algunos datos (medidas) mediante observaciones de campo.

Posterior a esto, a través del uso de ciertas aplicaciones informáticas (Google Earth – ArcGIS 10.5) se genera las curvas de nivel del área de estudio y se obtiene datos de medición en longitud y altitud, los cuales servirán para el análisis de los taludes en el software GEO 5.

El software GEO 5, mediante el método simplificado de Bishop (método de rebanadas) permite examinar el grado de estabilidad de los taludes identificados en la vía Chimbo – El Torneado. Para esto es esencial estudiar y tener en consideración determinados criterios, como los datos de medición tanto en longitud y altitud, el tipo de suelo del sector en estudio y el coeficiente sísmico horizontal, debido a que estos son parámetros importantes para determinar el factor de seguridad de los taludes y a través de este clasificar los mismos en “estables e inestables”.

Método a emplear para análisis de datos

El análisis de estabilidad de taludes, se efectúa aplicando el método simplificado de Bishop, a través del Software GEO 5. Para esto, según cada una de las microcuencas definidas para el estudio (Batan, Telimbela, El Cristal), se ha de identificar 3 taludes emplazados en zonas de susceptibilidad a movimientos en masa.

Metodología de análisis de estabilidad de taludes

La metodología a aplicar para el análisis de estabilidad de taludes, identificados en la vía Chimbo – El Torneado, es el método simplificado de Bishop, el mismo que según Sanhueza Plaza & Rodríguez Cifuentes (2013) “analiza la estabilidad de un talud con SPF del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas. Al tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en n fajas verticales, de manera de estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el FS asociado al caso”

El factor de seguridad para el método simplificado de Bishop, se define como:

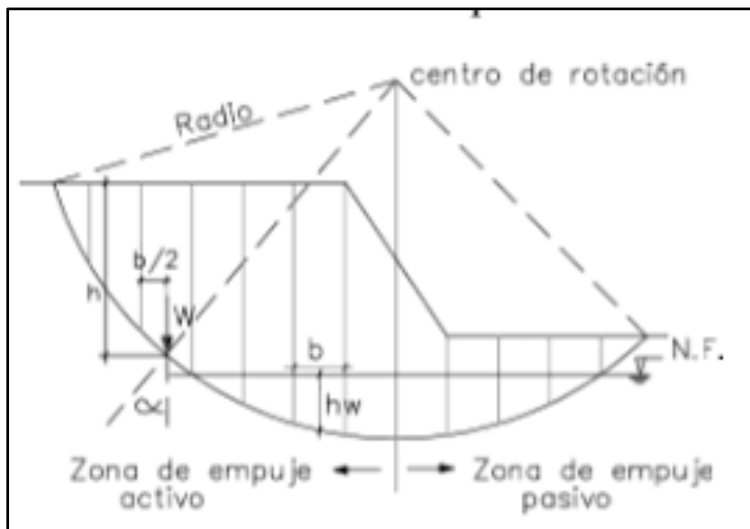
$$m_a = C \cos \alpha + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \quad (3.29)$$

Donde:

- **C**: cohesión
- **ϕ** : ángulo de fricción interna del suelo
- **b**: ancho de la tajada
- **W**: peso de la tajada
- **U**: presión de poros con respecto a la base de cada dovela
- **α** : ángulo formado entre la perpendicular a la línea de falla y la vertical en el centro de la tajada. (Poveda, Rodríguez, & Rosas, 2020)

Figura 13.

Representación del método simplificado de Bishop.



Fuente: (Poveda, Rodríguez, & Rosas, 2020)

Software utilizado para análisis de estabilidad de taludes

Uno de los softwares que permite realizar el análisis de estabilidad de taludes es el Software Geotécnico GEO 5 del Grupo FINE, este posee una infinidad de soluciones para las diversas tareas relacionadas con el área de la geotecnia.

La solución a usar, es el módulo de estabilidad de taludes, para esto es necesario primero configurar la interfaz del talud, insertando los puntos de medición tanto en longitud como en altitud, según las características propias de cada uno de los taludes. Además, es necesario conocer la textura de suelo que compone el talud, definir un factor de seguridad a partir del cual se determinara la estabilidad o inestabilidad del talud, y el coeficiente sísmico horizontal.

Descripción de los parámetros de análisis: los parámetros de análisis que maneja el método simplificado de Bishop, son el tipo de suelo, coeficiente sísmico horizontal y factor de seguridad, mismos que se describen a continuación:

Tipo de suelo: para definir el tipo de suelo con el cual se realiza el estudio, se efectúa un análisis del suelo de las tres microcuencas.

Tabla 10.

Tipo de suelo según cada microcuenca.

Código	Identidad de muestra	Parámetro	Tipo de suelo
INV 250	Suelo microcuenca Batán		Arcillo arenoso
INV 251	Suelo microcuenca Telimbela	Textura	Franco arenoso
INV 252	Suelo microcuenca El Cristal		Arenoso Franco

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis de suelo – Lab. UEB.

Factor de seguridad: conociendo que el factor de seguridad, es aquel parámetro que indica el valor cuantitativo de amenaza, para que cierto talud fracase en los peores escenarios para el cual fue proyectado, para este proyecto de investigación, se ha precisado un valor referencial de 1.60, según lo establecido en la Norma Ecuatoriana de Construcción – Capítulo 8. Geotecnia y Cimentaciones – Estructuras y Sistemas de Contención.

El valor referencial del factor de seguridad de 1.60, está dado en caso de ocurrencia de un deslizamiento y partir de este, una vez que se ha determinado el nuevo factor de seguridad del talud, se realiza un contraste de valores, para determinar si el talud posee una estabilidad aceptable o no.

Coefficiente sísmico horizontal: en base a lo Norma Ecuatoriana de Construcción – Capítulo 2. Diseño Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente – Apéndice 6, se determina el coeficiente sísmico horizontal de 0.26, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$a_{max} = Z * F_a$$

$$amax = 1.23 * 0.35 = 0.43$$

$$Kh = \frac{0.6 (amax)}{g}$$

$$Kh = 0.6 * ZFa$$

$$Kh = 0.6 * 0.43 = 0.26$$

Donde:

- **Kh:** coeficiente sísmico horizontal.
- **Amax:** aceleración máxima horizontal.
- **Z:** factor de zona (el valor Z del Cantón Chimbo y San Miguel es de 0.35).
- **Fa:** factor de amplificación del suelo (el tipo de subsuelo C, posee un factor de 1.23).

Datos de la superficie de deslizamiento circular: luego de haber ingresado los parámetros del coeficiente sísmico, factor de seguridad, tipo de suelo y la interfaz del talud, se ingresa gráficamente los datos de la superficie de deslizamiento circular (centro y radio), uniendo dos puntos del talud, ya sea a nivel de base, cuerpo o cresta. Posterior a ello, los datos de la falla circular del deslizamiento se ingresan manualmente, para de este modo verificar que los ángulos coincidan, caso contrario se obtendría resultados erróneos.

Por último, se analiza la estabilidad del talud, por medio del método simplificado de Bishop, modulo búsqueda por grilla, a fin de determinar los puntos hasta los cuales podría fallar el talud y generar un movimiento en masa. Una vez, que se ha determinado el nuevo factor de seguridad, se procede a comparar los datos con el factor de seguridad referencial definido, obtenido así la categorización de estabilidad e inestabilidad de los taludes.

Parámetros de clasificación de estabilidad de taludes: la estabilidad de taludes, se ha de categorizar de acuerdo a los subsiguientes parámetros:

- Si el FS es $>$ a 1.60, el talud es estable.
- Si el FS es $<$ a 1.60, el talud es inestable.
- Si el FS es $=$ a 1.60, el talud se encuentra en el punto de rotura.

Tabla 11.

Parámetros de clasificación de estabilidad de taludes.

Factor de Seguridad	Estabilidad del Talud	Categoría	Simbología
>1.60	Aceptable	Estable	
$=1.60$	Indiferente	Punto de rotura	
<1.60	No aceptable	Inestable	

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Técnicas para el procesamiento y análisis de datos del objetivo 3

Mediante revisión bibliográfica y con la respectiva visita de campo, además de consultas a especialistas en el área civil, se plantean medidas estructurales y no estructurales apropiadas para reducir el riesgo ante movimientos en masa, de tal manera que, las mismas sirvan para salvaguardar la integridad física de los pobladores y evitar pérdidas económicas en los bienes o redes vitales del territorio y usuarios que diariamente eligen transitar por la vía Chimbo – El Torneado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En base a cada uno de los objetivos específicos definidos en el presente trabajo, se pone en evidencia los resultados obtenidos, luego de la recopilación, análisis y procesamiento de los datos e información utilizados en la investigación. Los resultados alcanzados hacen mención a, la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa, análisis de estabilidad de taludes en el sector de estudio que comprende la vía Chimbo – El Torneado y en base a esto, la formulación de medidas de reducción de riesgo estructurales y no estructurales ante la amenaza de movimientos en masa.

4.1 Resultado Según Objetivo Específico 1

Determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado, mediante el criterio de falla MOHR – COULOMB.

La determinación de zonas susceptibles a movimiento en masa en la vía Chimbo – El Torneado, tiene como punto de inicio la generación de varios insumos necesarios para la aplicación del criterio de falla MOHR – COULOMB, el mismo que permite conocer zonas de estabilidad e inestabilidad ante determinado fenómeno en el área objeto de estudio.

4.1.2 Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa en la Vía Chimbo – El Torneado

4.1.2.1 Delimitación del área de estudio.

Como se muestra en el Grafico 2. el área de estudio comprende la vía Chimbo – El Torneado, la misma que tiene una extensión aproximada de 40 km de carretera de

doble carril, con una carpeta asfáltica y debidamente señalizada, lo cual de una u otra forma ayuda a garantizar la seguridad de la población que a diario circula por dicho sector. Esta arteria vial atraviesa dos cantones de la provincia Bolívar, en sentido Norte a Oeste tanto por el Cantón San José de Chimbo como por San Miguel de Bolívar.

Gráfico 2.

Localización geográfica del área de estudio.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

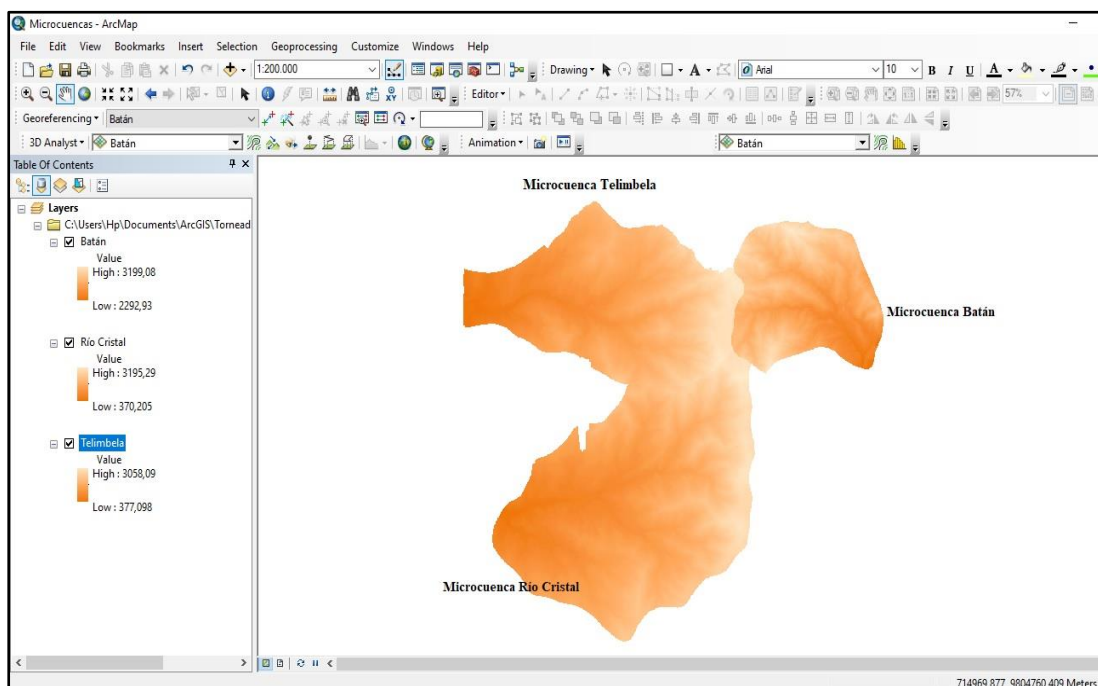
4.1.2.2 Delimitación de microcuencas.

Para la delimitación de microcuencas, se procede a descargar desde ALOS PALSAR el Modelo Digital de Elevación (DEM) a 12.5 metros, posterior a esto en ArcGIS 10.5 se carga el DEM y el shape de microcuencas para identificar las que tienen influencia en el sector de estudio.

A través, de las herramientas de análisis de ArcMap, se recorta 3 microcuencas en base al Modelo Digital de Elevación, siendo las microcuencas que más influyen en el territorio, la del 1) Batán, 2) Telimbela y 3) El Cristal, pues a través de estas se despliega los 40 km de vía de Chimbo – El Torneado, como se muestra en el Grafico 3.

Gráfico 3.

Delimitación de microcuencas en base al Modelo Digital de Elevación.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcGIS 10.5 – ArcMap.

4.1.2.3 Análisis de Suelo.

El análisis de suelo del trayecto de la vía Chimbo – El Torneado, se elabora para definir la textura y densidad real del suelo. Estos resultados a su vez contribuirán para definir las zonas inestables por medio del análisis q/T en el módulo SHALSTAB del software ArcView GIS 3.2.

Para efectuar dicho análisis es necesario, recolectar una muestra de suelo por cada una de las microcuencas delimitadas, debido a que cada una de estas presenta una textura y densidad del suelo únicas y diferentes a la vez. Por otra parte, mencionado estudio se realiza en el Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, arrojando como resultado lo siguiente:

Tabla 12.

Densidad real del suelo según cada microcuenca.

Código	Identidad de muestra	Parámetro	Unidad	Promedio
INV 250	Suelo microcuenca Batán	Densidad real en suelo seco	G/cm ³	2.488
INV 251	Suelo microcuenca Telimbela			2.878
INV 252	Suelo microcuenca El Cristal			3.074

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe N° 142 – 2022, Código FPG12-01.

Tabla 13.

Textura del suelo de acuerdo a cada microcuenca.

Código	Identidad de muestra	Parámetro	Tipo de suelo
INV 250	Suelo microcuenca Batán	Textura	Arcillo arenoso
INV 251	Suelo microcuenca Telimbela		Franco arenoso
INV 252	Suelo microcuenca El Cristal		Arenoso Franco

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe N° 142 – 2022, Código FPG12-01

4.1.2.4 Análisis de Insumos en el Módulo SHALSTAB.

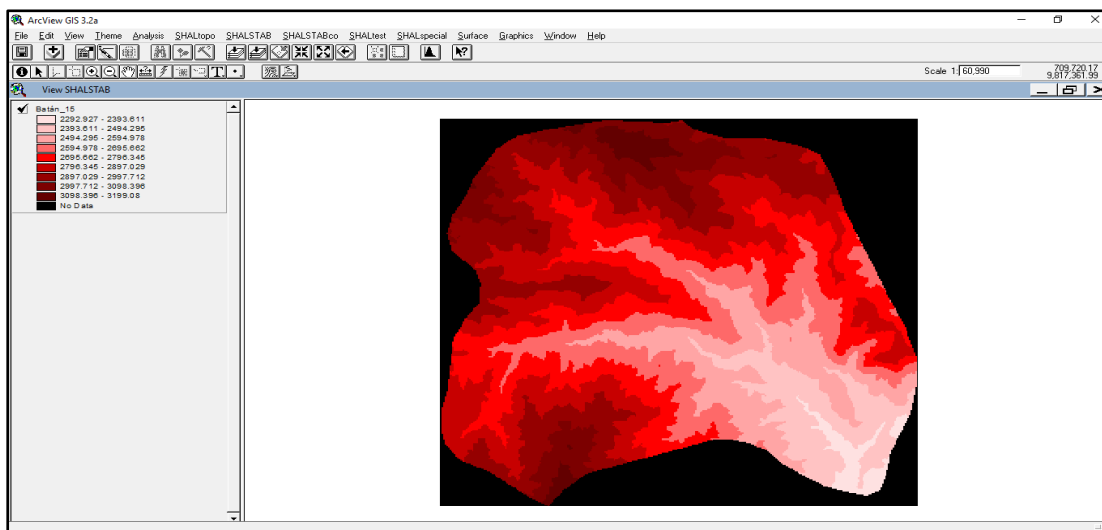
Al tener listo los insumos de la etapa preliminar, sean estos la delimitación de las tres microcuencas que influyen en el territorio de la vía Chimbo – El Torneado, en el software ArcView GIS 3.2, modulo SHALSTAB se desarrolla el análisis correspondiente.

Al disponer de tres microcuencas con gran influencia en el territorio, el análisis de zonas susceptibles a movimientos en masa se desarrolla por separado según cada microcuena. Es así, que, en un primer momento de acuerdo a la microcuena del Batán se determinara las zonas de susceptibilidad ante el fenómeno en estudio, para acto seguido trabajar con la microcuena de Telimbela y finalizar con la de El Cristal, siguiendo el mismo procedimiento descrito en el punto 4.1.2 (diagrama de flujo).

Una vez que se ha limitado la microcuena del Batan, esta se procede a exportar al software ArcView GIS 3.2 (Gráfico 4), para generar los demás insumos necesarios para la aplicación del criterio de falla de MOHR – COULOMB.

Gráfico 4.

Microcuena del Batan exportada a ArcView GIS 3.2 Modulo SHALSTAB.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2

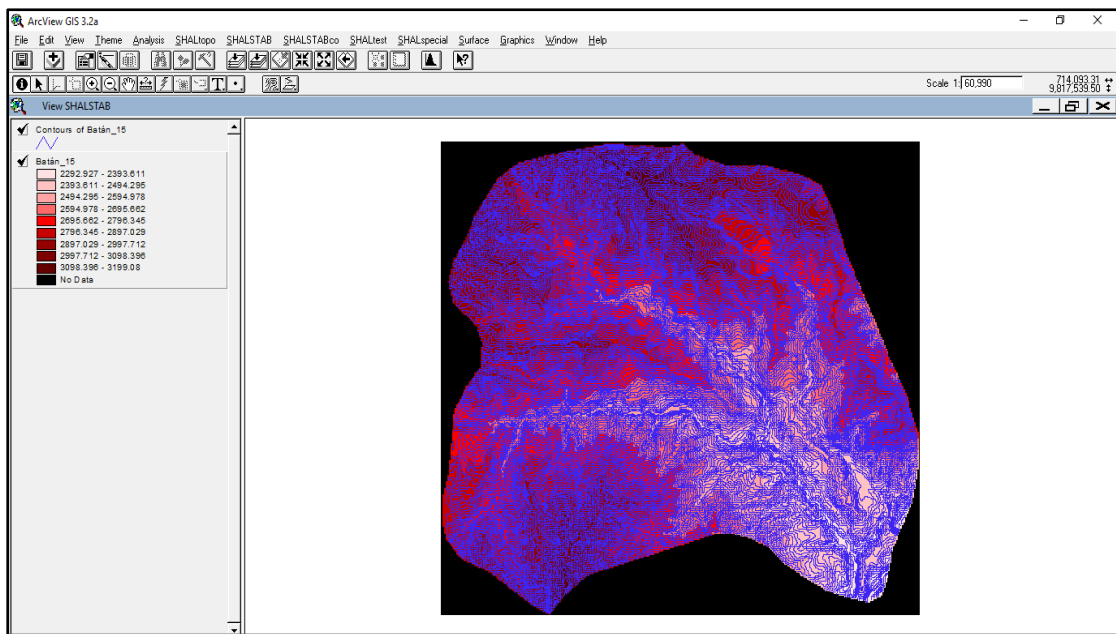
4.1.2.5 Generación de Mapa de Curva de Nivel a un Intervalo de 10 m.

Mediante el módulo SHALSTAB, es importante generar el mapa de curvas de nivel del área de influencia de la microcuenca del Batán a una distancia de 10 m, para obtener una mejor visualización de las zonas planas y empinadas del territorio.

También, para determinar los accidentes geográficos que forman parte del área de estudio y la influencia que estos podrían tener en la susceptibilidad a movimientos en masa.

Gráfico 5.

Curvas de nivela a 10 metros de distancia.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

4.1.2.6 Creación del Mapa de Pendientes.

Después que se ha elaborado el insumo del mapa de curvas de nivel del territorio en estudio, se debe crear el mapa de pendientes como se evidencia en el Grafico 6, dado que en este se puede evidenciar los diferentes tipos de pendientes y áreas críticas que

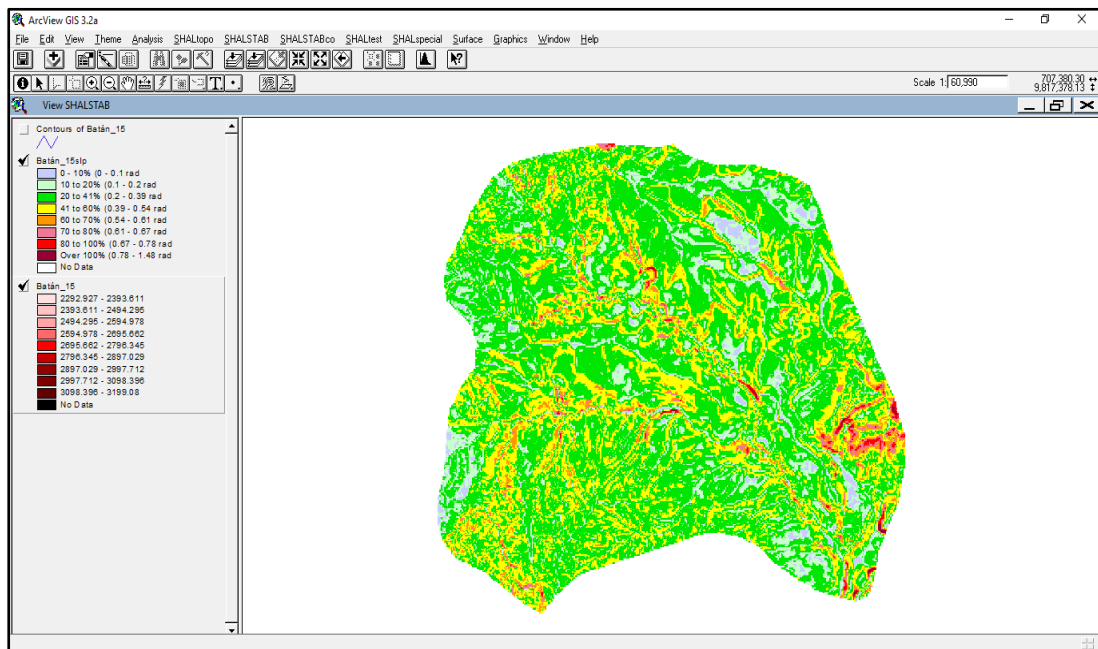
tienen elevados niveles de inestabilidad y por lo tanto podrían ser susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.

Dicho mapa, también refleja información clave de las pendientes, tales como datos de inclinación del terreno medido en porcentaje, lo que pone en evidencia si una pendiente es muy fuerte, fuerte, moderada, suave o baja.

Partiendo de esto, se demuestra con facilidad que en el territorio de la microcuenca del Batán, el porcentaje de pendientes que predomina en gran parte, va desde los 20 a 41% de inclinación, pudiéndose considerar que es una pendiente moderada y tan solo unos pocos sitios presentan pendientes muy fuertes por sobre el 100% de inclinación.

Gráfico 6.

Mapa de pendientes del área de estudio.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

4.1.2.7 Diseño del Mapa de Zonas de Acumulación.

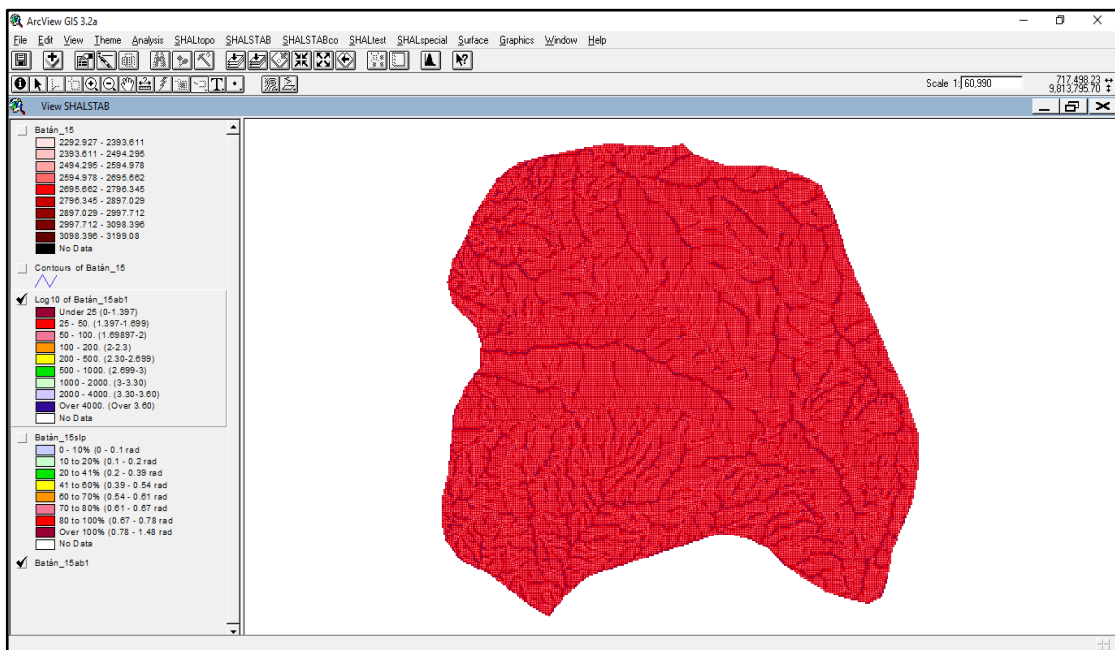
Por medio del módulo SHALSTAB, se determina las zonas de acumulación que existen en el territorio, ya sea debido al tipo de suelo, presencia de pendientes de grados variables y por la existencia de drenajes naturales.

Las zonas de máxima acumulación presentes en el territorio, pueden presentar mayor probabilidad de ocurrencia a movimientos en masa, dada sus condiciones geográficas y topográficas.

El Grafico 7, muestra que en la microcuenca del Batán, las zonas de máxima acumulación se localizan en la parte baja de las montañas, colinas, barrancos, quebradas, etc. puesto que existe una gran cantidad de drenajes naturales que transportan el agua hacia estos sitios.

Gráfico 7.

Mapa de zonas de acumulación.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

4.1.2.8 Modelo q/T de Zonas Inestables.

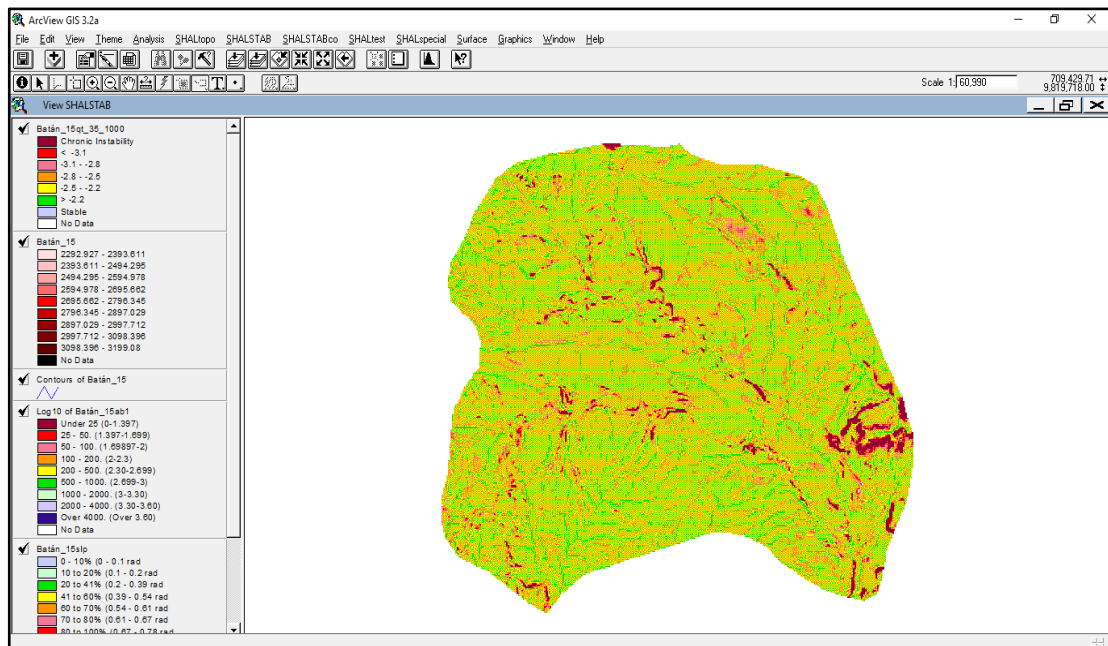
El modelo q/T del lugar en estudio, muestra las zonas susceptibles ante movimientos en masa, en el cual los valores negativos indican que determinadas áreas son inestables, mientras que los valores positivos hacen referencia a zonas estables.

El desarrollo del modelo q/T se lo realiza mediante el módulo SHALSTAB, examinando los insumos de curvas de nivel, mapa de pendientes, zonas de acumulación, ángulo de fricción y densidad real de suelo, para de esta manera determinar los niveles de inestabilidad. Es importante mencionar, que para efectos del estudio se ha considerado un ángulo de fricción de 35° y una densidad real de 2488 kg/m³, la cual ha sido tomada del estudio de análisis de suelo de la microcuenca del Batán, efectuado en el Laboratorio de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar (Anexo N° 2).

En base al Grafico 8, se puede establecer que la mayor parte del territorio de la microcuenca del Batán y de la vía Chimbo – El Torneado, se encuentra en una zona de moderada a crónica inestabilidad ante movimientos en masa, cuyo índice q/T supera los -2.2 puntos, siendo prioritario la implementación de medidas de reducción de riesgos en las zonas críticas por donde atraviesa la línea vital.

Gráfico 8.

Mapa de zonas inestables a movimientos en masa.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

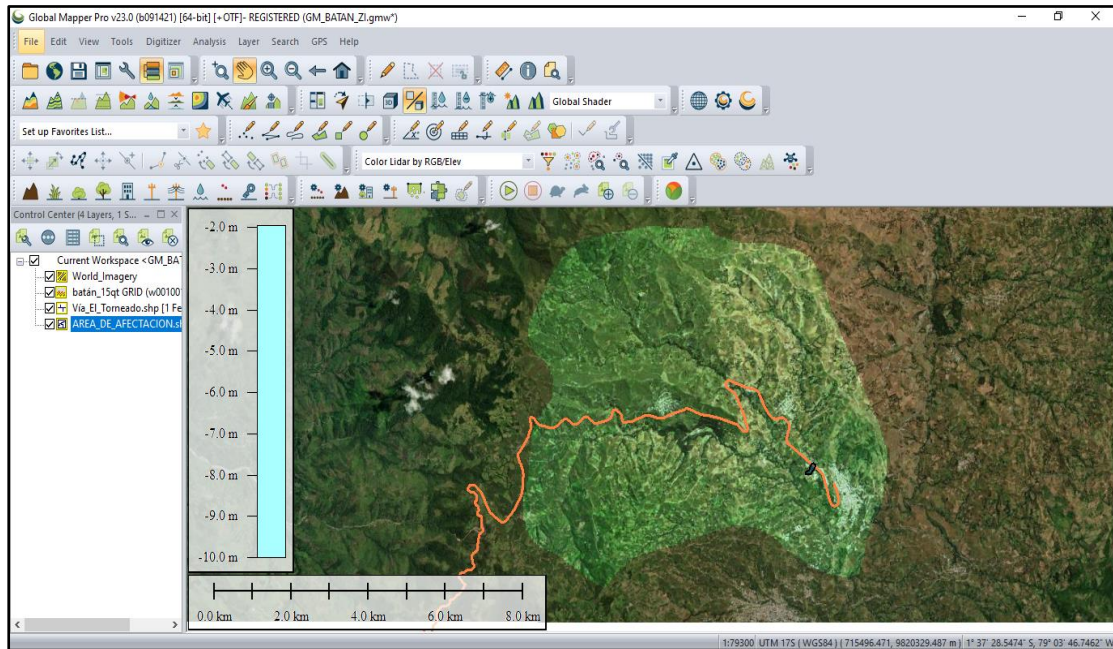
4.1.2.9 Mapas de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa.

El modelo q/T de zonas inestables, es un instrumento esencial a la hora de determinar las zonas susceptibles a movimientos en masa, debido a que indica las áreas de inestabilidad en las que probablemente podría ocurrir dicho evento peligroso, y además muestra las áreas de estabilidad ante el fenómeno en estudio.

Partiendo de esto, a través de Global Mapper, se analiza el insumo final (modelo q/T) obtenido de ArcView GIS 3.2 – modulo SHALSTAB, para obtener una adecuada interpretación de los resultados. Para esto, como se muestra en el Grafico 9, se asigna una simbología basada en dos categorías: 1) zonas estables identificadas con color verde y 2) zonas inestables señaladas con color celeste.

Gráfico 9.

Mapa de estabilidad e inestabilidad en el área de influencia de la Microcuenca del Batan.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Análisis realizado en Global Mapper.

Realizando un análisis minucioso, al resultado del modelo q/T en Global Mapper, es posible distinguir claramente que parte de la vía Chimbo – El Torneado (13 km), se encuentra localizada en una zona de inestabilidad del suelo, razón por la cual se explica la constante ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento, como el que se suscitó en el mes de diciembre del 2021 en el sector de Tamban.

Es valdero manifestar que, prácticamente toda el área de influencia de la microcuenca del Batan, es un territorio donde existe variados niveles de inestabilidad convirtiendo al sitio en una zona de media a alta susceptibilidad a movimientos en masa.

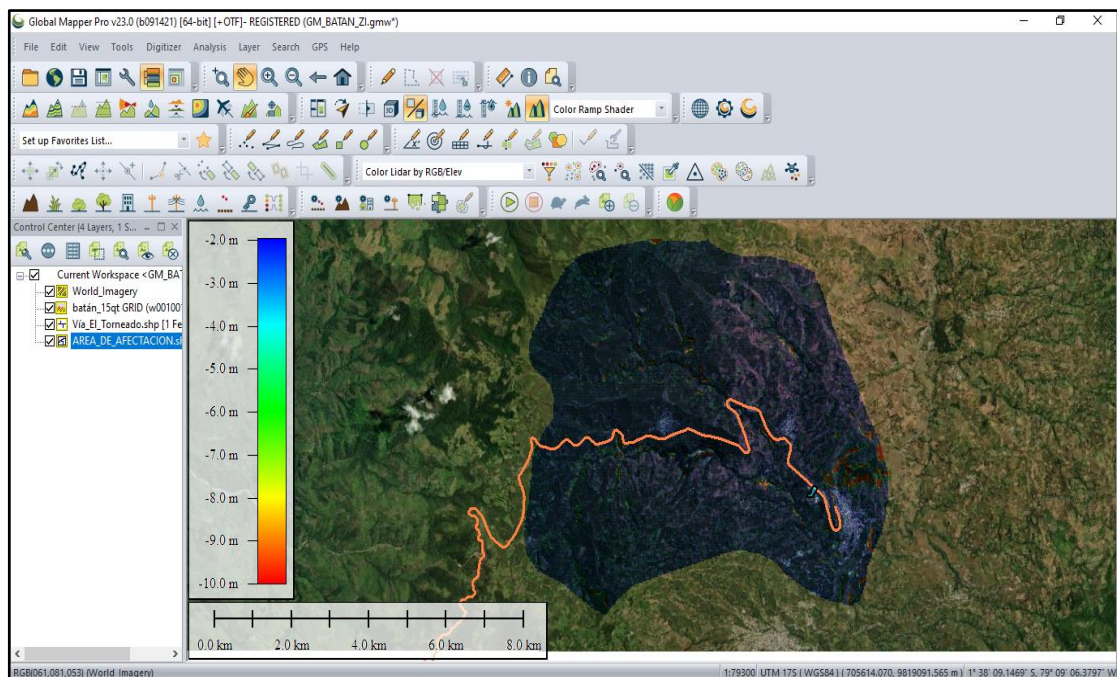
Por otro lado, la susceptibilidad a movimientos en masa, se ha definido en base al análisis de estabilidad e inestabilidad del suelo efectuado en el sitio, obteniendo como

resultado final el mapa de zonas susceptibles (Gráfico 10), clasificado en distintos niveles que van cambiando de acuerdo al índice q/T , partiendo de la premisa que “*mientras más negativo sea el q/T , mayor será el nivel de susceptibilidad*”.

El mapa de zonas susceptibles, muestra que aproximadamente 6 tramos de la vía (Km: 2 – 5 – 7 – 8 – 10 – 11) Chimbo – El Torneado, se sitúan en un área de muy alta susceptibilidad a movimientos en masa, con un valor q/T menor a -3.3, siendo importante la formulación e implementación de medidas de reducción, que contribuyan a disminuir los niveles de riesgo y el impacto en la red vital, población y medios de vida.

Gráfico 10.

Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa de acuerdo a la microcuenca del Batán.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Análisis realizado en Global Mapper.

4.1.3 Análisis de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa en Base a la Microcuenca de Telimbela y El Cristal

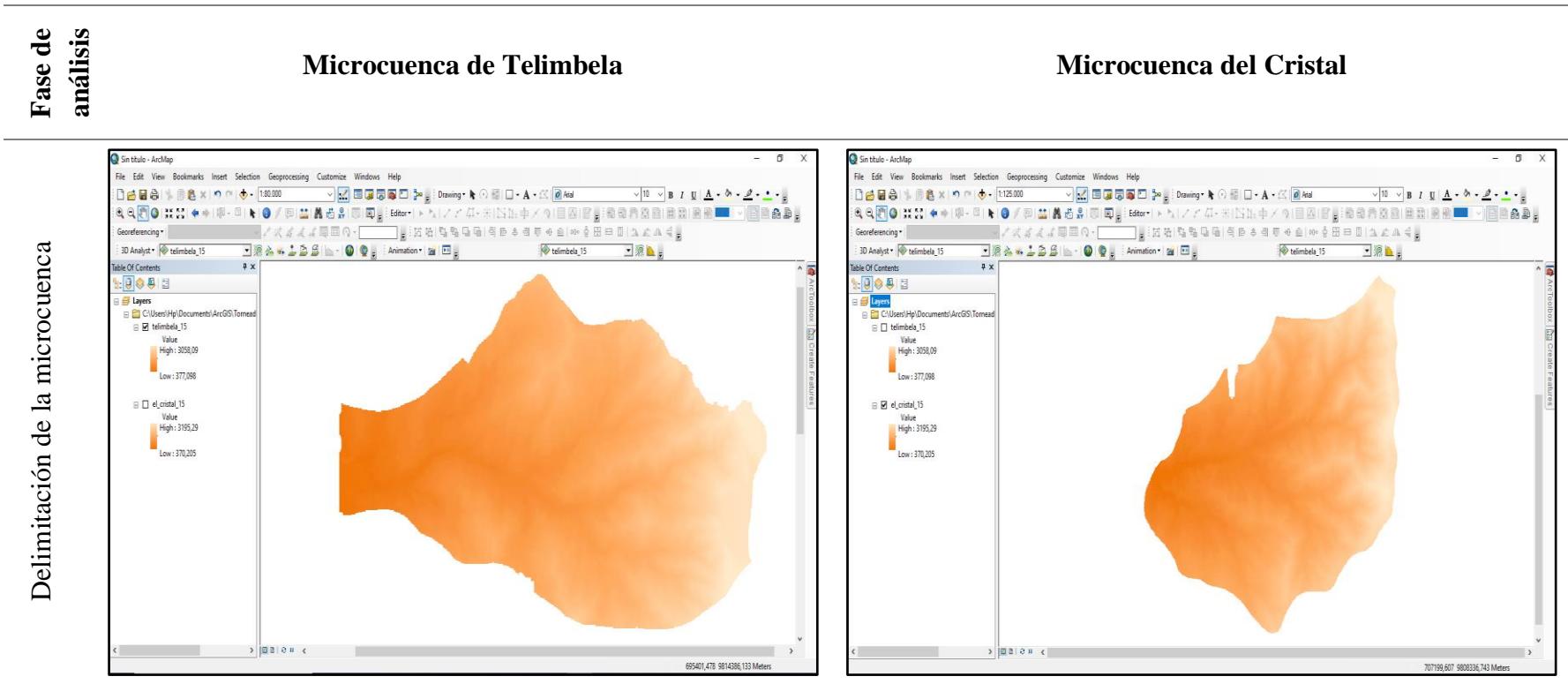
Luego de efectuar, el estudio de zonas susceptibles a movimientos en masa en el área de influencia de la microcuenca del Batán, se aplica el mismo procedimiento para realizar dicho análisis en la microcuenca de Telimbela y El Cristal, cuyos resultados servirán para determinar de forma generalizada las zonas de susceptibilidad de todo el trayecto de la vía Chimbo – El Torneado.

Para esto, es necesario seguir cada uno de los pasos de análisis descritos con anterioridad en la Figura 13 (Diagrama de flujo para determinar zonas susceptibles a movimientos en masa), de acuerdo a cada una de las etapas de trabajo definidas, con el propósito de generar cada uno de los insumos fundamentales para la aplicación del criterio de falla de MOHR – COULOMB.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la determinación de zonas susceptibles a movimientos en masa en el área de influencia de la microcuenca de Telimbela y El Cristal, por la cual atraviesa la vía Chimbo – El Torneado, según cada etapa de análisis.

Tabla 14.

Delimitación de la microcuenca de Telimbela y El Cristal.

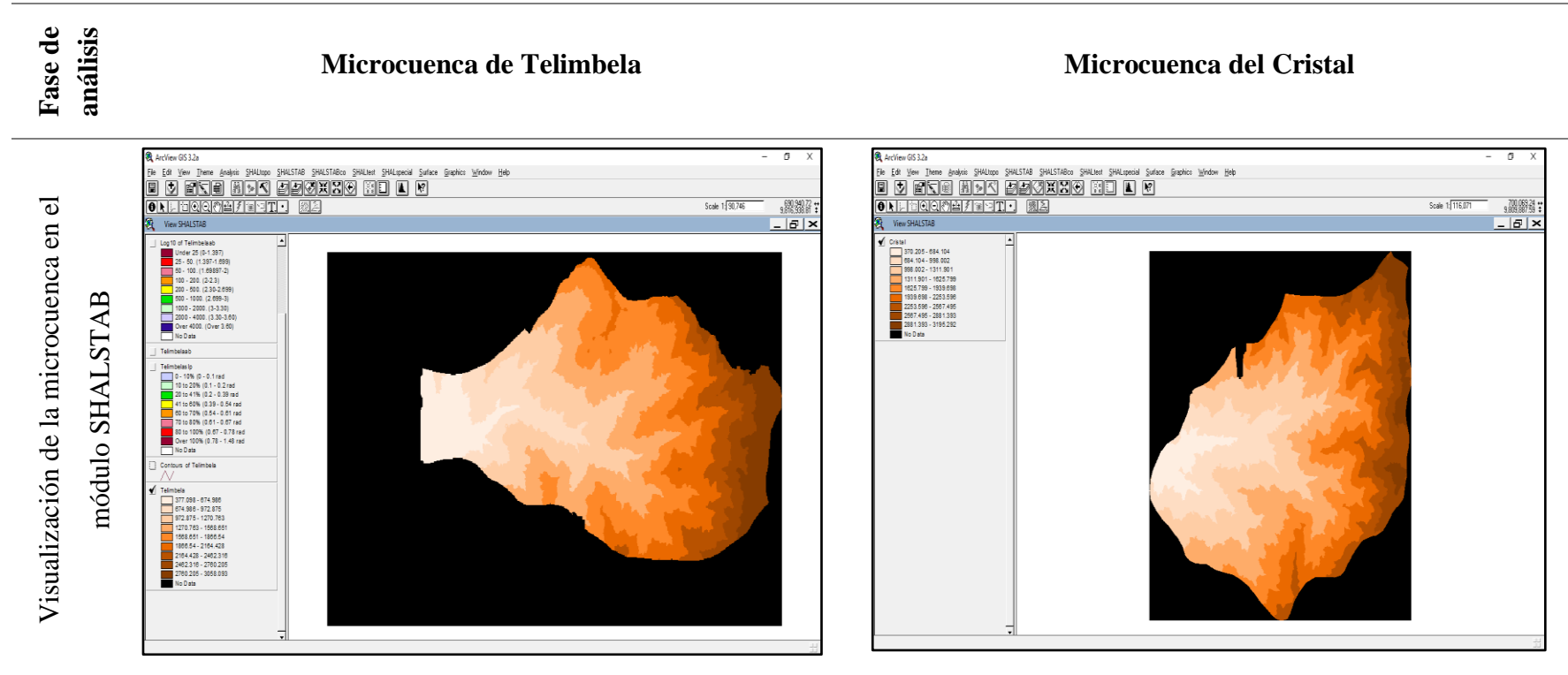


Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcGIS 10.5 – ArcMap.

Tabla 15.

Análisis de insumos en el módulo SHALSTAB.

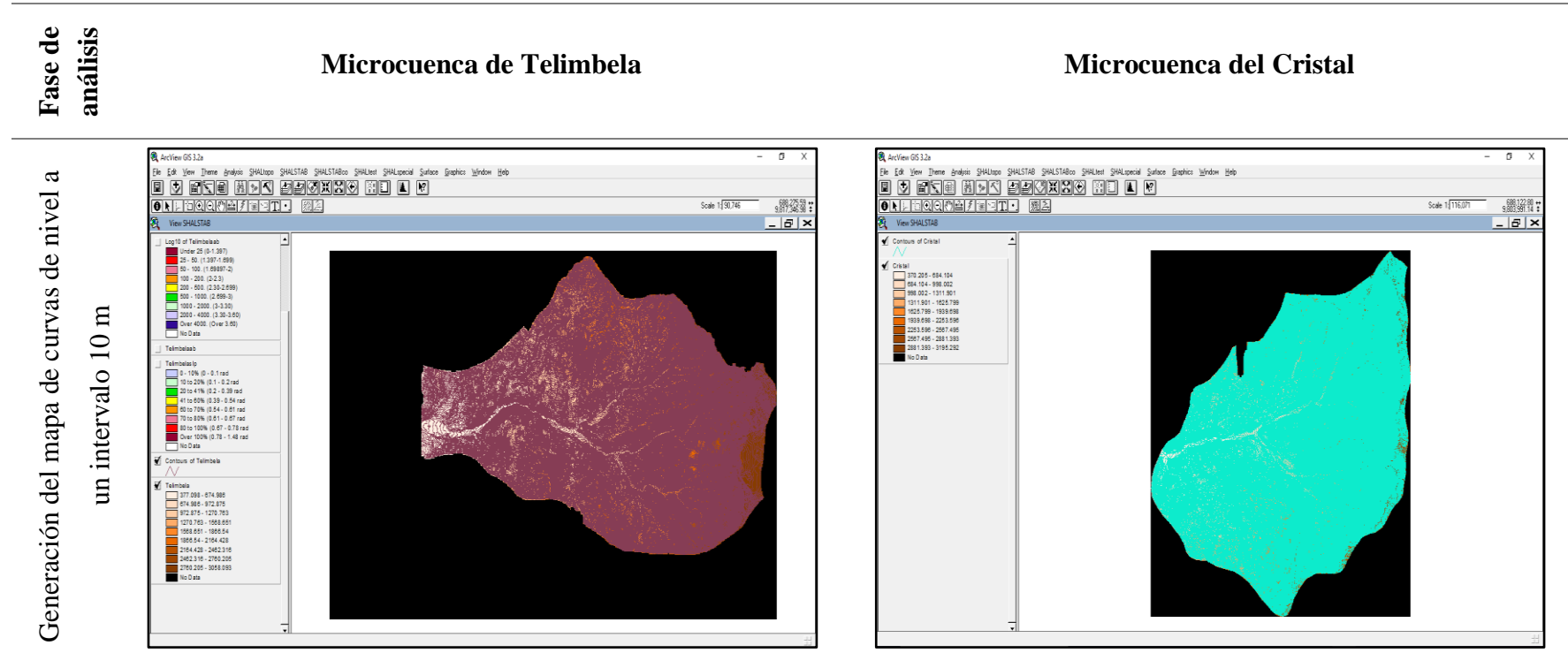


Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2.

Tabla 16.

Mapa de curvas de nivel a intervalo de 10 metros.

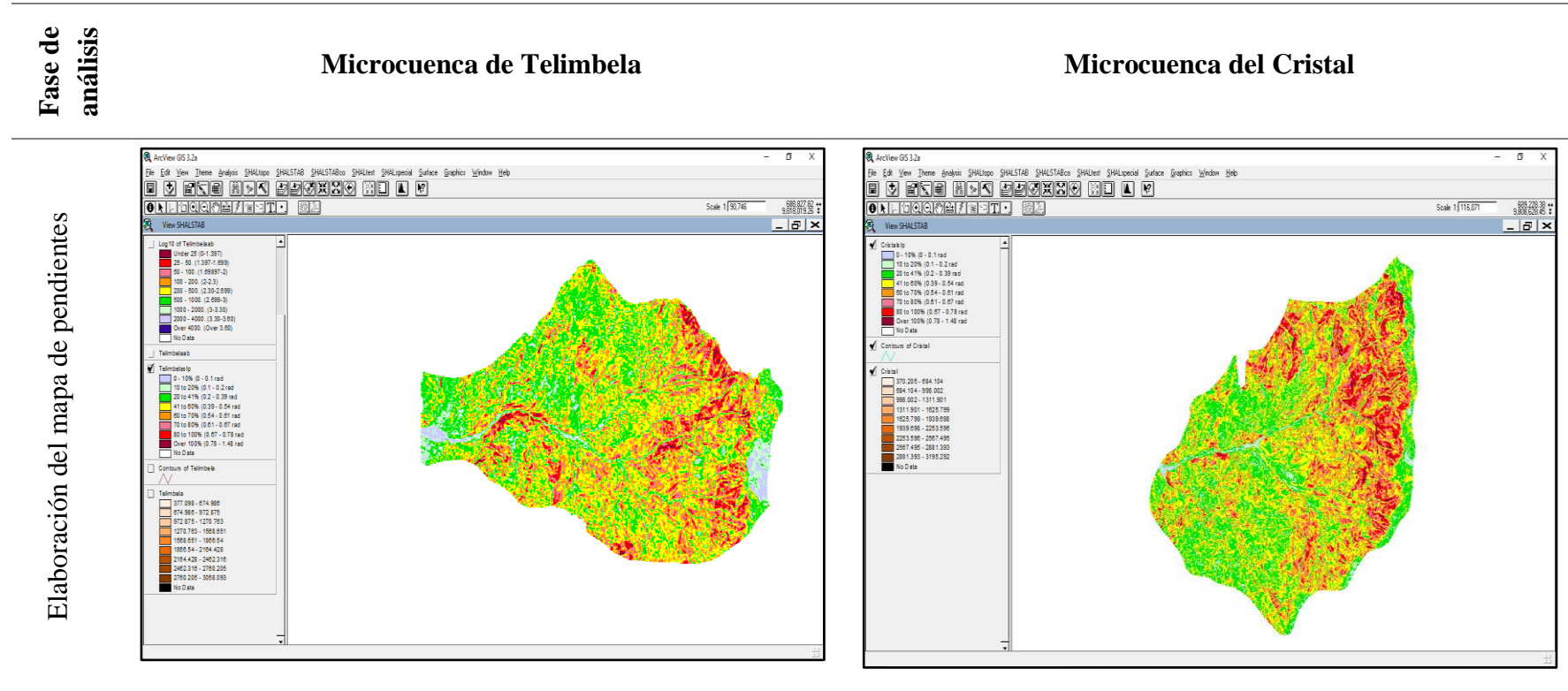


Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

Tabla 17.

Mapa de pendientes de acuerdo a cada microcuena.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

Tabla 18.

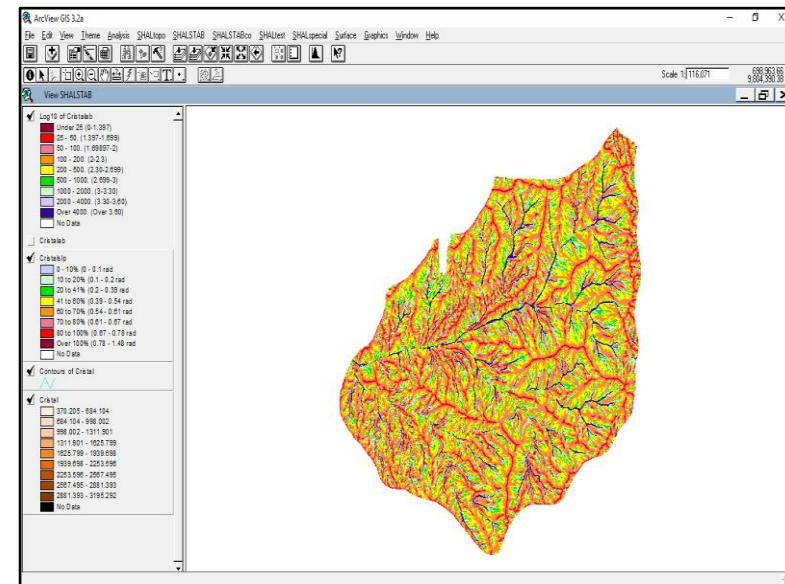
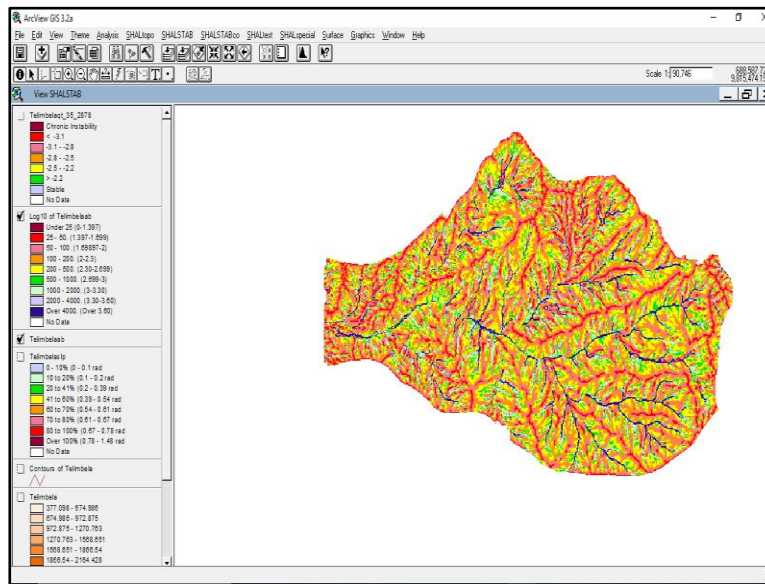
Mapa de zonas de acumulación de las áreas de estudio.

Fase de análisis

Microcuenca de Telimbela

Microcuenca del Cristal

Diseño del mapa de zonas de acumulación

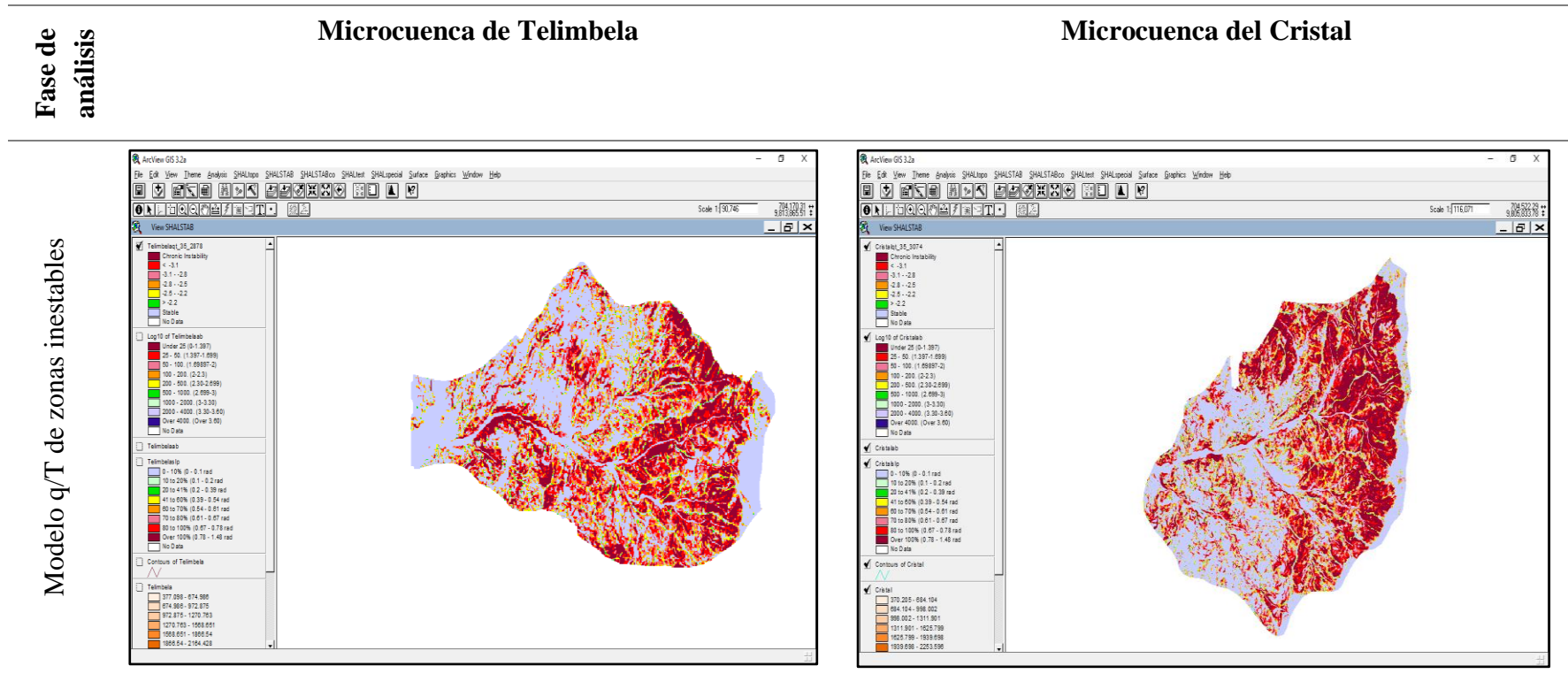


Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

Tabla 19.

Modelo q/T de zonas inestables.



Nota: Para estimar el índice q/T de zonas inestables en el caso de la microcuencia de Telimbela y El Cristal, se consideró un ángulo de fricción de 35° , mientras que la densidad real del suelo en el primer caso fue de 2878 kg/m^3 y en el segundo de 3074 kg/m^3 .

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

Tabla 20.

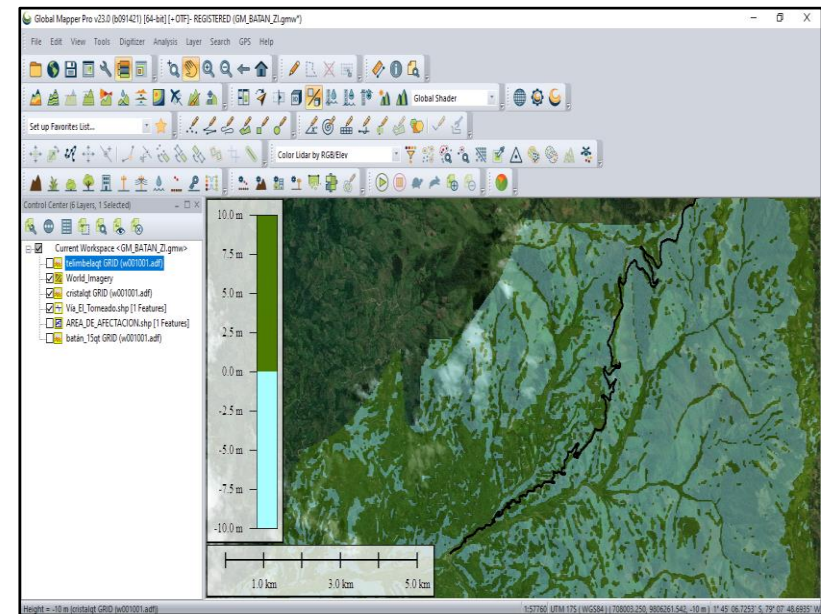
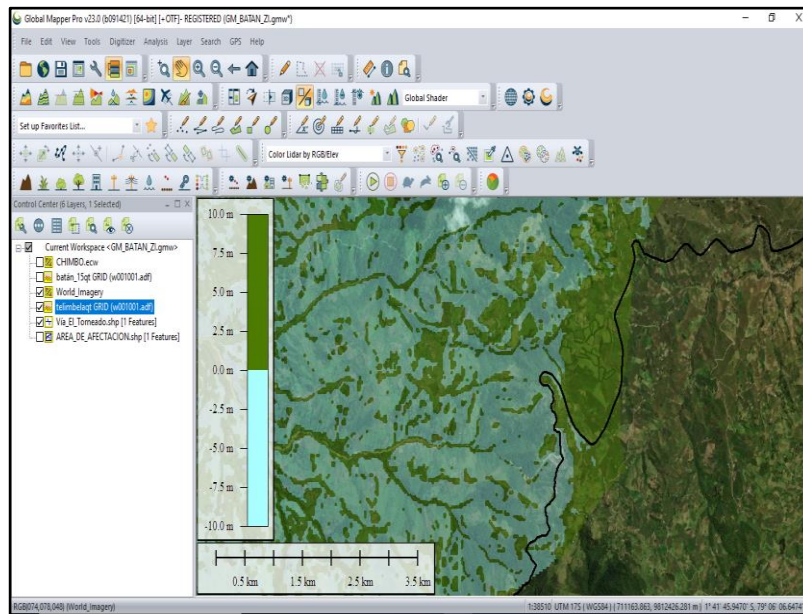
Mapa de zonas estables e inestables del área de estudio.

Fase de análisis

Microcuenca de Telimbela

Microcuenca del Cristal

Diseño del mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcView GIS 3.2 – Modulo SHALSTAB.

De acuerdo a la Tabla 20, se logra mostrar que en el sitio de incidencia de la microcuenca de Telimbela, 4.14 km de vía se asientan sobre una zona estable y 3.86 km de pista están ubicados en un área de inestabilidad del suelo dada las condiciones geográficas del territorio.

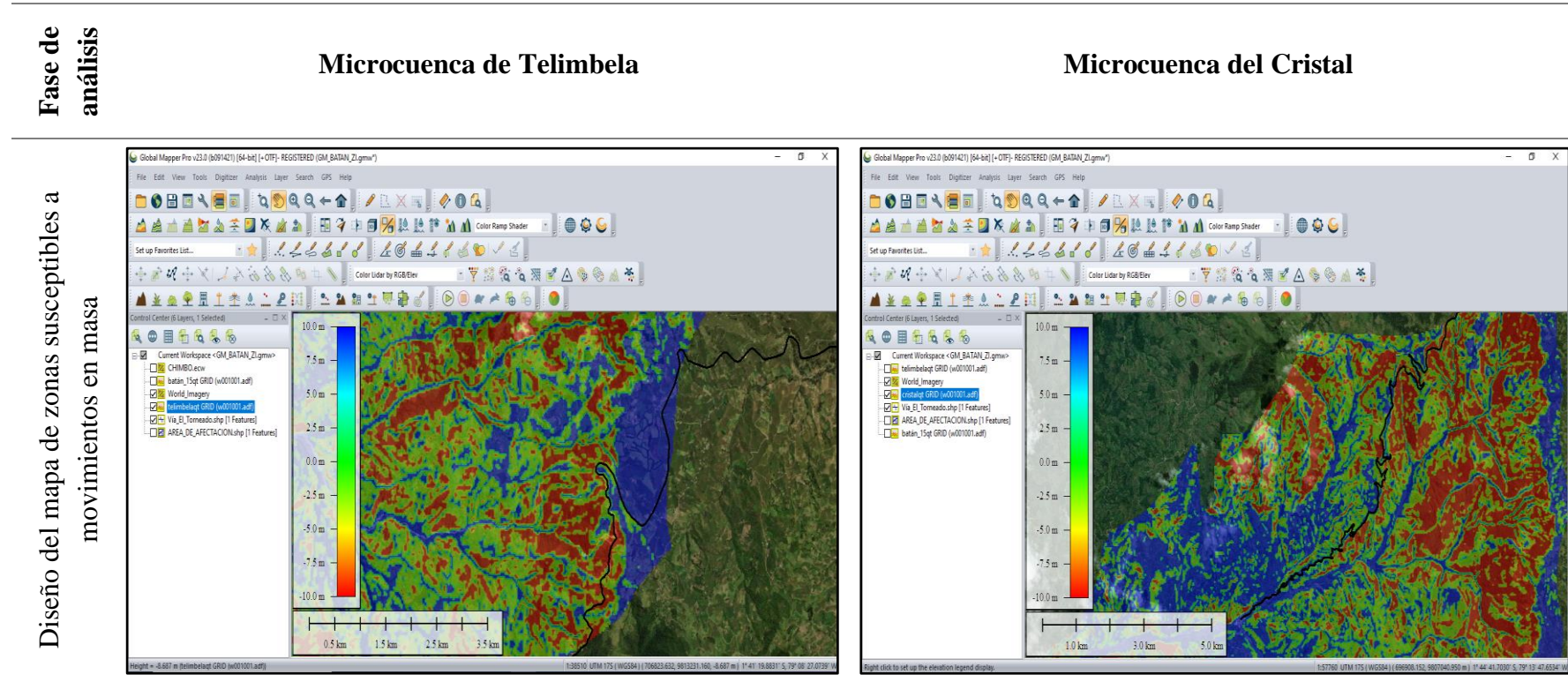
Por su parte en la microcuenca del Cristal, 9.33 km de carretera están localizados en un sitio inestable, debido a que existe presencia de pendientes muy fuertes con rangos de inclinación superior al 80% y zonas de máxima acumulación extendidas por el sistema montañoso por donde pasa el eje vial. Además, 9.67 km de calzada se emplaza en zona estable, correspondiendo esto a la cumbre de las montañas y demás accidentes geográficos que componen el territorio.

Mediante los gráficos expuestos en la Tabla 21, es posible distinguir que los km 16.75 – 18 – 19 – 20.5 – 21 – 22 – 23 – 24.5 – 25.5 – 28 – 30 y 31, están ubicados sobre una zona de inestabilidad crónica, con un índice q/T mayor a -7.5 puntos, razón por la cual se considera que estos tramos de la vía son muy altamente susceptibles a movimientos en masa.

Al realizar una comparación entre los resultados obtenidos y la observación de campo realizada, es importante dar a conocer que, en los kilómetros antes mencionados, se visualiza movimientos en masa, concluyendo de esta forma que la inestabilidad del suelo podría ser un factor que genera cierta influencia para la ocurrencia de este evento peligroso.

Tabla 21.

Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Análisis realizado en Global Mapper.

4.1.3.1 Mapa de Zonas Susceptibles a Movimientos en Masa de la Vía Chimbo – El Torneado.

Concluida la etapa de análisis de susceptibilidad a movimientos en masa, en el área de influencia de la microcuenca del Batán, Telimbela y El Cristal, se diseña el mapa de zonas estables e inestables del área por donde atraviesa la arteria vial de Chimbo – El Torneado, para de esta manera determinar los sitios probables en los que podrían suscitarse cualquier tipo de movimiento en masa y en base a esto establecer medidas y/o estrategias, que permitan reducir el riesgo e impacto sobre la población, redes vitales, medios de vida y bienes materiales.

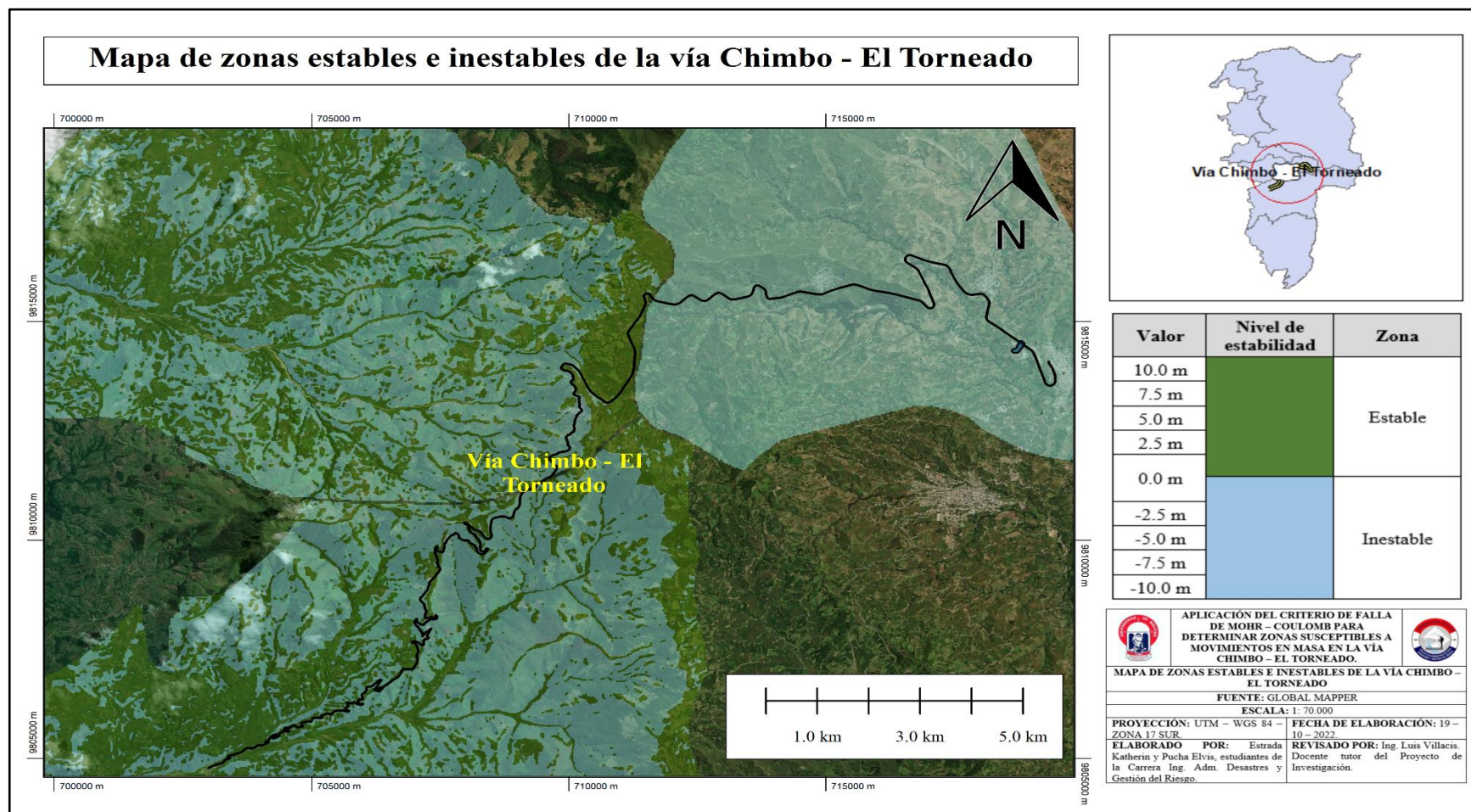
Como se puede ver en el Grafico 11, un gran porcentaje de la vía Chimbo – El Torneado (26.19 km), se encuentra localizada sobre una zona de inestabilidad del suelo (color celeste), mostrando claramente el porqué de la ocurrencia de movimientos en masa, pues en algunos tramos de la vía, los deslizamientos acontecidos coinciden con áreas de inestabilidad y zonas de acumulación.

Tomando como referencia de análisis el mismo gráfico, también se puede determinar que solo ciertas partes de la carretera Chimbo – El Torneado (13.81 km), están asentadas sobre una zona estable (color verde), lo cual corresponde a la cumbre de las montañas y colinas por donde se extiende los 40 km de arteria vial.

Por otro lado, el Grafico 12 indica las zonas de susceptibilidad a movimientos en masa, determinadas en el trayecto de la vía objeto de estudio, poniendo en evidencia que los Km; 3.5 – 5 – 7 - 8 – 10 – 11 - 16.75 – 18 – 19 – 20.5 – 21 – 22 – 23 – 24.5 – 25.5 – 28 – 30 – 31, son muy altamente susceptibles al fenómeno de remoción en masa, debido a que se sitúan en áreas crónicas de inestabilidad del suelo, en las cuales el índice q/T es superior a -7.5 m.

Gráfico 11.

Mapa de zonas estables e inestables de la vía Chimbo - El Torneado.

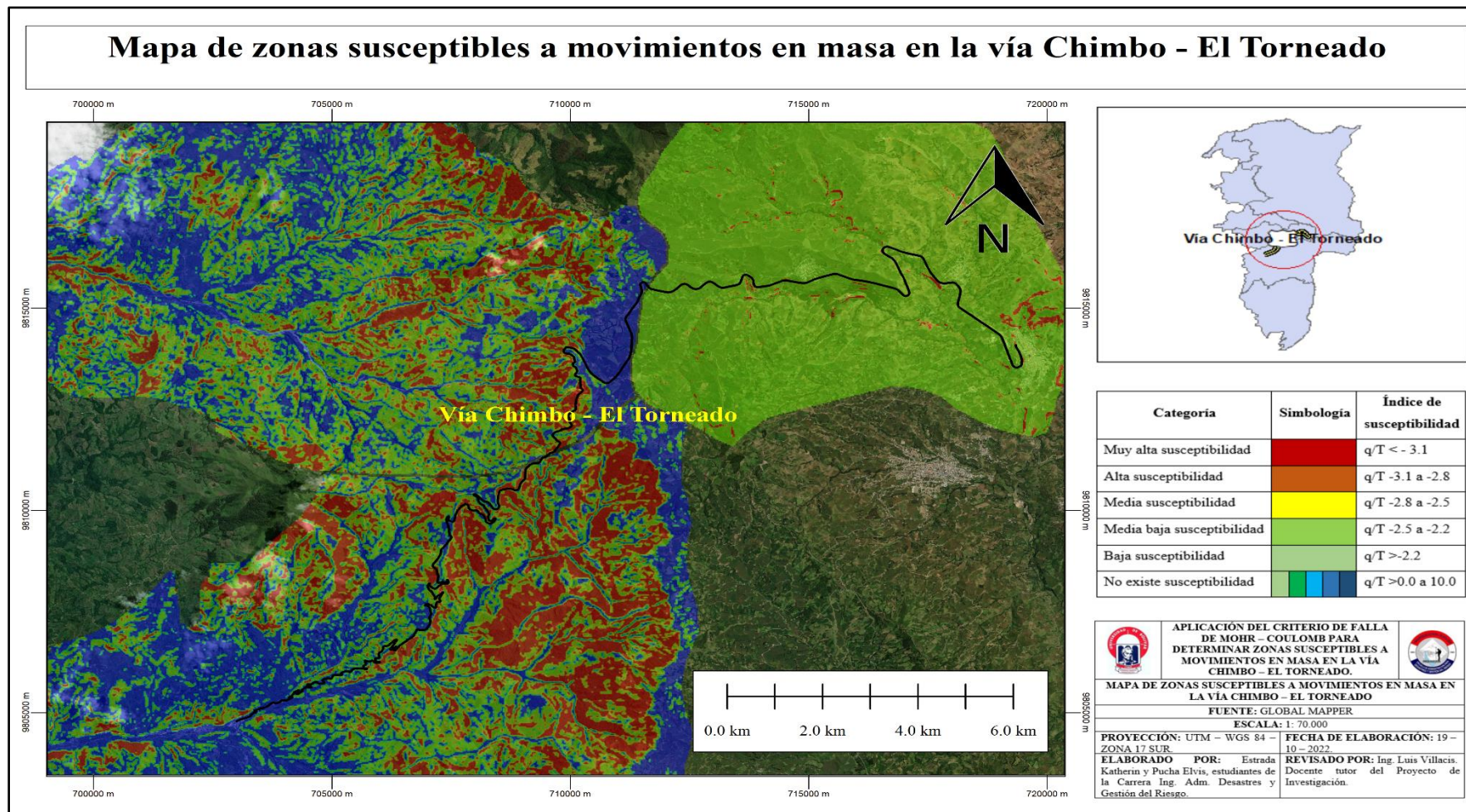


Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Análisis efectuado en Global Mapper.

Gráfico 12.

Mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa de la vía Chimbo - El Torneado.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Análisis efectuado en Global Mapper.

4.2 Resultado Según Objetivo Específico 2

Análisis de la estabilidad de los taludes de las zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado.

En el trayecto de los 40 kilómetros de la vía Chimbo – El Torneado, es posible observar varios taludes que en determinado momento pueden representar un peligro extremo para las personas que a diario eligen transitar por esta arteria vial, poniendo en riesgo la vida, bienes materiales, medios de subsistencia e incluso las redes vitales que son esenciales para el adecuado funcionamiento del territorio y más aún cuando se presenta una emergencia.

Los taludes identificados en el área de estudio ascienden a 9, puesto que por cada una de las microcuencas seleccionadas se examina 3 taludes situados en zonas de susceptibilidad a movimientos en masa. Estos son altamente peligrosos debido a las características que poseen, teniendo pendientes demasiado pronunciadas con ángulos de inclinación que superan el 60%, escasa cobertura vegetal que funcione como mecanismos de retención de material, ubicación en zonas de inestabilidad crónica y localización al costado derecho e izquierdo de la calzada en sitios críticos (curvas en u cercanas a barrancos y quebradas).

Tabla 22.

Taludes identificados en el eje vial Chimbo – El Torneado.

Talud	Microcuenca	Ubicación	Observaciones
Talud 1	Batan	Km 1.75	Presencia de tubos de PVC, polietileno, mangueras de agua potable.
Talud 2	Batan	Km 5.25	Presenta una forma escalonada. Se localiza en una curva en U.
Talud 3	Batan	Km 11.5	Situado frente a la Escuela Amazonas de la parroquia La Magdalena.

Talud 4	Telimbela	Km 16.75	En la cabeza del talud se observa la presencia de Ciprés. Posee pendientes muy fuertes.
Talud 5	Telimbela	Km 18	Talud en forma escalonada, en el cual una parte se deslizo.
Talud 6	Telimbela	Km 19	Se evidencia la ocurrencia de pequeños deslizamientos.
Talud 7	El Cristal	Km 24.5	Existe poca cobertura vegetal. Se evidencia pendiente fuerte.
Talud 8	El Cristal	Km 25.5	Tiene pendiente muy fuerte. Vegetación arbustiva en la cabeza del talud.
Talud 9	El Cristal	Km 28	En la cresta del talud, se sitúa una plantación de maíz. Tiene pendiente muy fuerte.












Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Previo al análisis del grado de estabilidad de los taludes, por medio de observaciones de campo en el territorio que comprende la vía Chimbo – El Torneado, se recolecta y se toma datos de medición en longitud y altitud por cada uno de los taludes identificados. Posterior a esto, utilizando Google Earth y ArcGIS 10.5 se crea curvas de nivel a un intervalo de 1 metro, para obtener un mayor nivel de precisión al momento de realizar las mediciones en X y Z (longitud – altitud) y de esta forma comparar los resultados con los datos recogidos en campo, tratando de reducir posibles errores de medida.

Los datos de medición recolectados previamente, son elementos básicos en el análisis de estabilidad, pues sirven para elaborar un modelo digital de los taludes en el software GEO 5, donde al ingresar los datos de tipo de suelo (arcilla arenosa y limo arenoso), coeficiente sísmico horizontal (0.26) y factor de seguridad base (1.60) mediante el método simplificado de Bishop, se obtendrá un nuevo factor de seguridad que permitirá determinar si el talud sometido al análisis es estable o inestable.

Tabla 23.

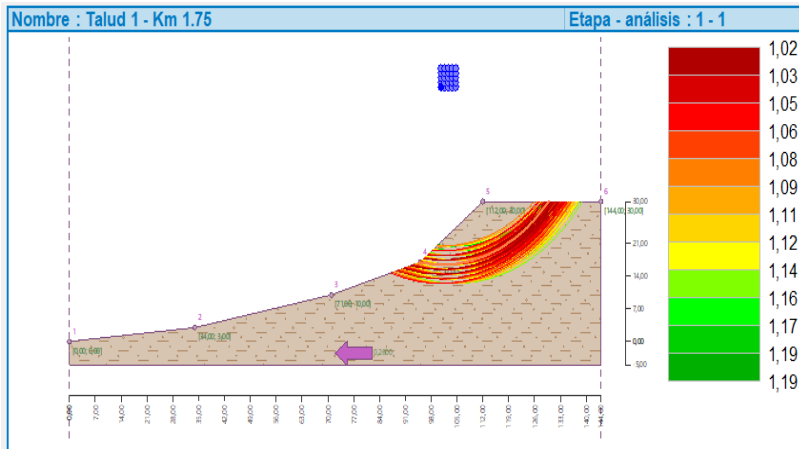
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 1.75 en la vía Chimbo - El Torneado.

	FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																											
CÓDIGO:	TAL-MIC-BAT-1																																																													
UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	Km 1.75 – Sector Tamban																																																													
COORDENADAS UTM:	718844.042 m - 9814533.712 m																																																													
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																														
																																																														
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																														
Talud situado al costado derecho de la vía en sentido Norte – Oeste, producto de la ocurrencia de un deslizamiento, en el que se observa tubos de PVC de la red de alcantarillado y mangueras de agua potable.																																																														
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>34,00</td> <td>3,00</td> <td>71,00</td> <td>10,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>95,00</td> <td>17,00</td> <td>112,00</td> <td>30,00</td> <td>144,00</td> <td>30,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td></td> <td>24,50</td> <td>14,00</td> <td>18,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td></td> <td>18,50</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,50 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 24.50 ° Cohesión de suelo : c_{ef} = 14,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,50 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"> [GEOS - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2619.78.01 base de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.finesoftware.es [ICC Colombia S.A.S (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co] </p> </div>	Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	34,00	3,00	71,00	10,00			95,00	17,00	112,00	30,00	144,00	30,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50		
Factores de seguridad																																																														
Situación de diseño permanente																																																														
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																													
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																												
		x	z	x	z	x	z																																																							
1		0,00	0,00	34,00	3,00	71,00	10,00																																																							
		95,00	17,00	112,00	30,00	144,00	30,00																																																							
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																									
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50																																																									
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																									
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50																																																											

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro: 102.63 56.55

Radio: 40.14

Ángulos: -10.74 48.59

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 1.02

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		112,00	30,00	95,00	17,00	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme
		71,00	10,00	34,00	3,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		144,00	-5,00	144,00	30,00	

Agua

Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción

No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo

Coefficiente sísmico horizontal : $K_H = 0,26$

Coefficiente sísmico vertical : $K_V = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 100,63 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = -9,08 [^\circ]$
	z = 54,55 [m]		$\alpha_2 = 49,93 [^\circ]$
Radio :	R = 38,14 [m]	Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.	

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_A = 2338,09$ kN/m

Suma de fuerzas pasivas : $F_P = 2375,84$ kN/m

Momento de deslizamiento : $M_A = 89174,93$ kNm/m

Momento estabilizador : $M_P = 90614,67$ kNm/m

Factor de seguridad = $1,02 < 1,60$

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE



Para fines no sólo comerciales



Tabla 24.

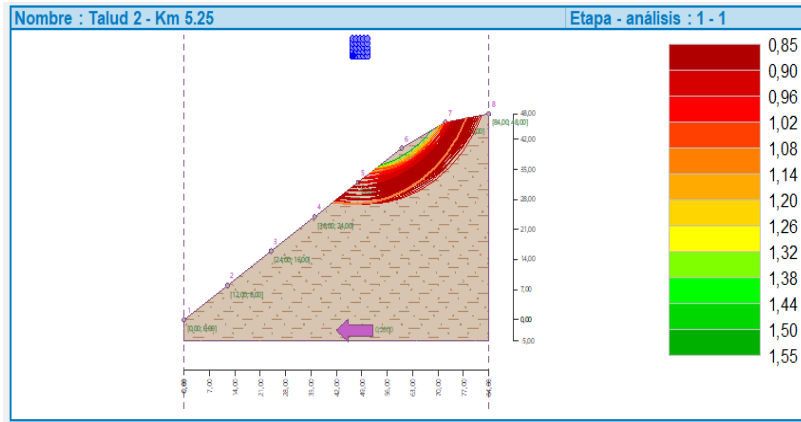
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 5.25 en la vía Chimbo - El Torneado.

 FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																																
CÓDIGO: TAL-MIC-BAT-2																																																																		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: Km 5.25 – Panchigua																																																																		
COORDENADAS UTM: 716564.760 m – 9816427.301 m																																																																		
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																																		
																																																																		
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																																		
<p>Se sitúa a la altura de la vuelta de Panchigua, en una curva en U, cuya forma es escalonada con 8 desniveles de 6 m de distancia y con poca vegetación arbustiva.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">1</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">  </td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>12,00</td> <td>8,00</td> <td>24,00</td> <td>16,00</td> </tr> <tr> <td>36,00</td> <td>24,00</td> <td>48,00</td> <td>32,00</td> <td>60,00</td> <td>40,00</td> </tr> <tr> <td>72,00</td> <td>46,00</td> <td>84,00</td> <td>48,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">24,50</td> <td style="text-align: center;">14,00</td> <td style="text-align: center;">18,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">18,50</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,50 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 24,50 ° Cohesión de suelo : c_{ef} = 14,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,50 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="font-size: small; text-align: center;">[GEOS - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.78.01 clave de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.finesoftware.es ICC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co]</p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	12,00	8,00	24,00	16,00	36,00	24,00	48,00	32,00	60,00	40,00	72,00	46,00	84,00	48,00			Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50		
Factores de seguridad																																																																		
Situación de diseño permanente																																																																		
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																																	
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																																
		x	z	x	z	x	z																																																											
1		0,00	0,00	12,00	8,00	24,00	16,00																																																											
		36,00	24,00	48,00	32,00	60,00	40,00																																																											
		72,00	46,00	84,00	48,00																																																													
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																													
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50																																																													
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																													
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50																																																															

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro:	48.48	63.47
Radio:	32.51	
Ángulos:	-3.44	59.00

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.85

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		72,00	46,00	60,00	40,00	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme
		48,00	32,00	36,00	24,00	
		24,00	16,00	12,00	8,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		84,00	-5,00	84,00	48,00	

Agua
 Tipo de agua : Sin presencia de agua
Grieta de tracción
 No se ha introducido la grieta de tracción.
Sismo
 Coeficiente sísmico horizontal : $K_h = 0,26$
 Coeficiente sísmico vertical : $K_v = 0,00$
Configuraciones de la etapa de construcción
 Situación de diseño : permanente
Resultados (Etapa de construcción 1)
Análisis 1
 Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 46,48 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = -9,01 [^\circ]$
	z = 61,47 [m]		$\alpha_2 = 65,15 [^\circ]$
Radio :	R = 34,51 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.












Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
 Suma de fuerzas activas : $F_a = 2893,75$ kN/m
 Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 2461,64$ kN/m
 Momento de deslizamiento : $M_d = 99863,32$ kNm/m
 Momento estabilizador : $M_e = 84951,30$ kNm/m
 Factor de seguridad = $0,85 < 1,60$
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 25.

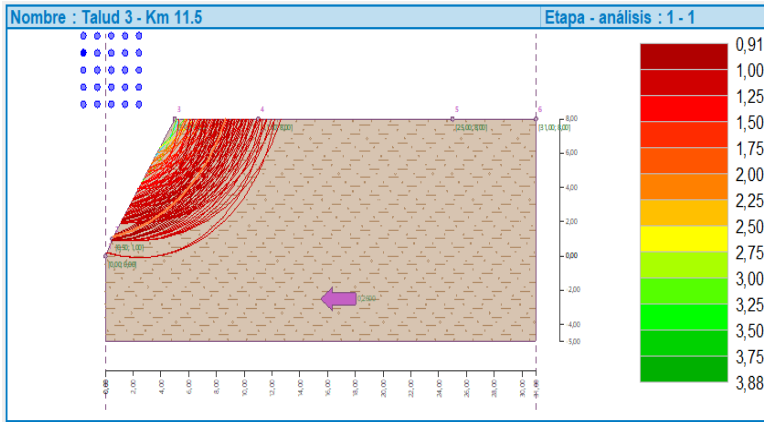
Análisis de estabilidad de talud situado en el Km 11.5 en la vía Chimbo - El Torneado.

	FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																										
CÓDIGO: TAL-MIC-BAT-3																																																													
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: Km 11.5 – Achachi																																																													
COORDENADAS UTM: 712241.021 m – 9815526.282 m																																																													
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																													
																																																													
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																													
Localizado geográficamente frente a la Escuela Amazonas, en el recinto Achachi con una altura de 8 metros. En la cresta del talud, se ubica postes de energía eléctrica y unos cuantos arboles tipo ciprés.																																																													
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2"></td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,50</td> <td>1,00</td> <td>5,00</td> <td>8,00</td> </tr> <tr> <td>11,00</td> <td>8,00</td> <td>25,00</td> <td>8,00</td> <td>31,00</td> <td>8,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>C_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td></td> <td>24,50</td> <td>14,00</td> <td>18,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Arcilla arenosa (CS), consistencia firme</td> <td></td> <td>18,50</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo Arcilla arenosa (CS), consistencia firme Peso unitario : γ = 18,50 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 24,50 ° Cohesión de suelo : C_{ef} = 14,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,50 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">Para fines no sólo comerciales</p> <p style="font-size: small; text-align: center;">[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.78.0 save de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.finesoftware.es ICC Colombia S.A.S. (57) 311 478 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co]</p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	0,50	1,00	5,00	8,00	11,00	8,00	25,00	8,00	31,00	8,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	C _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50		
Factores de seguridad																																																													
Situación de diseño permanente																																																													
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																												
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																											
		x	z	x	z	x	z																																																						
1		0,00	0,00	0,50	1,00	5,00	8,00																																																						
		11,00	8,00	25,00	8,00	31,00	8,00																																																						
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	C _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																								
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		24,50	14,00	18,50																																																								
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																								
1	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme		18,50																																																										

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro:	0.42	10.85
Radio:	8.94	
Ángulos:	4.37	71.41

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.91

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		25,00	8,00	11,00	8,00	Arcilla arenosa (CS), consistencia firme
		5,00	8,00	0,50	1,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		31,00	-5,00	31,00	8,00	

Agua

Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción

No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo

Coefficiente sísmico horizontal : $K_H = 0,26$

Coefficiente sísmico vertical : $K_V = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = -1,58 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 11,39 [^\circ]$
	z = 11,85 [m]		$\alpha_2 = 69,40 [^\circ]$
Radio :	R = 10,94 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 310,30 \text{ kN/m}$

Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 282,83 \text{ kN/m}$

Momento de deslizamiento : $M_d = 3394,72 \text{ kNm/m}$

Momento estabilizador : $M_e = 3094,11 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = 0,91 < 1,60

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales






[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | clave de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar |
Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es |
ICC Colombia S.A.S. | (67) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 26.

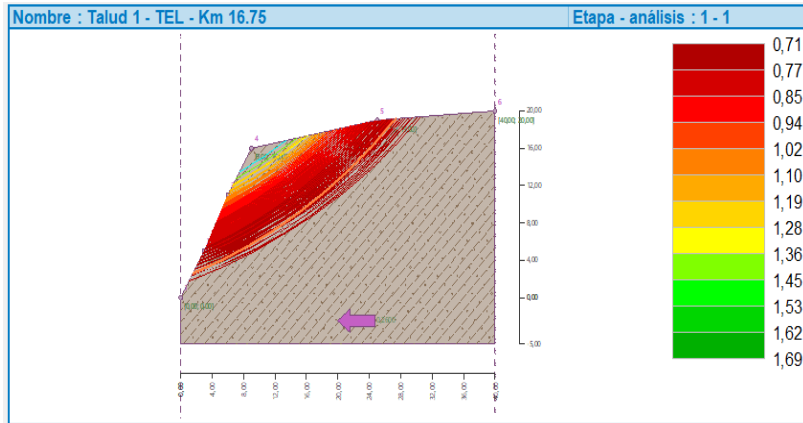
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 16.75 en la vía Chimbo - El Torneado.

 FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																													
CÓDIGO: TAL-MIC-TEL-1																																																															
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: Km 16.75 – Gualasay																																																															
COORDENADAS UTM: 710234.006 m – 9812887.223 m																																																															
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																															
																																																															
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																															
<p>Talud ubicado en zona crónica inestable, cerca de una curva en U, en cuya cresta se observa la existencia de árboles tipo ciprés y en el cuerpo no se evidencia cobertura vegetal que actúe como medio de sostenimiento del suelo.</p>																																																															
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td>SF_s =</td> <td style="text-align: right;">1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">1</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">0,00</td> <td style="text-align: center;">0,00</td> <td style="text-align: center;">3,00</td> <td style="text-align: center;">5,00</td> <td style="text-align: center;">6,00</td> <td style="text-align: center;">11,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9,00</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">25,00</td> <td style="text-align: center;">19,00</td> <td style="text-align: center;">40,00</td> <td style="text-align: center;">20,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">26,50</td> <td style="text-align: center;">12,00</td> <td style="text-align: center;">18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26,50 ° Cohesión de suelo : c_{ef} = 12,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"> [GEOS - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.78.01 Base de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.finesoftware.es [ICC Colombia S.A.S. (57) 311475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co] </p> </div>		Factores de seguridad			Situación de diseño permanente			Factor de seguridad :	SF _s =	1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	3,00	5,00	6,00	11,00	9,00	16,00	25,00	19,00	40,00	20,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																															
Situación de diseño permanente																																																															
Factor de seguridad :	SF _s =	1,60 [-]																																																													
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																													
		x	z	x	z	x	z																																																								
1		0,00	0,00	3,00	5,00	6,00	11,00																																																								
		9,00	16,00	25,00	19,00	40,00	20,00																																																								
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																										
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																										
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																										
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																												

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro:	0.42	10.85
Radio:	8.94	
Ángulos:	4.37	71.41

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.71

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		25,00	19,00	9,00	16,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		6,00	11,00	3,00	5,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		40,00	-5,00	40,00	20,00	

Agua
 Tipo de agua : Sin presencia de agua
Grieta de tracción
 No se ha introducido la grieta de tracción.
Sismo
 Coeficiente sísmico horizontal : $K_h = 0,26$
 Coeficiente sísmico vertical : $K_v = 0,00$
Configuraciones de la etapa de construcción
 Situación de diseño : permanente
Resultados (Etapa de construcción 1)
Análisis 1
Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	-20,24 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	19,28 [°]
	z =	64,93 [m]		$\alpha_2 =$	46,11 [°]
Radio :	R =	66,03 [m]	Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.		

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
 Suma de fuerzas activas : $F_a = 1944,71$ kN/m
 Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1371,41$ kN/m
 Momento de deslizamiento : $M_a = 128409,06$ kNm/m
 Momento estabilizador : $M_p = 90554,28$ kNm/m
 Factor de seguridad = $0,71 < 1,60$
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.01 | base de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar |
 Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es |
 ICC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe análisis GEO 5.

Tabla 27.

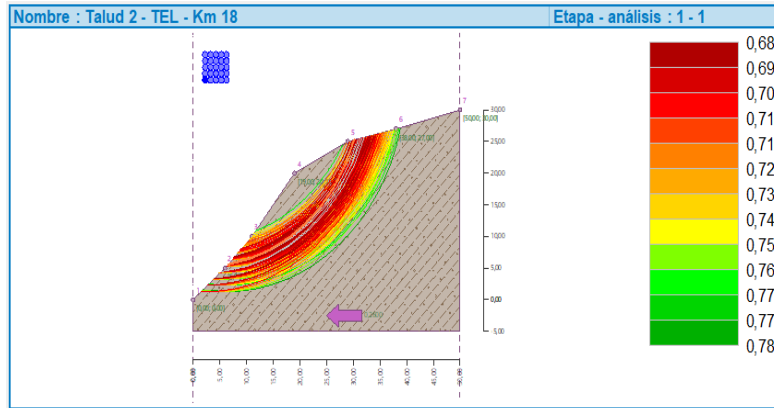
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 18 en la vía Chimbo - El Torneado.

FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES		PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																						
																																																									
CÓDIGO:	TAL-MIC-TEL-2																																																								
UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	Km 18 – Gualasay																																																								
COORDENADAS UTM:	710122.157 m – 9813732.568 m																																																								
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																									
																																																									
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																									
<p>La forma del talud es escalonada con 5 desniveles de 6 me de altura, a pesar de que ya se ha implementado medidas de estabilización se puede ver la ocurrencia de pequeños deslizamientos.</p>																																																									
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto</p> <p>Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual)</p> <p>Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td>SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="4">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1</td> <td rowspan="3">  </td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>6,00</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>19,00</td> <td>20,00</td> <td>29,00</td> <td>25,00</td> </tr> <tr> <td>50,00</td> <td>30,00</td> <td>38,00</td> <td>27,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>26,50</td> <td>12,00</td> <td>18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³</p> <p>Estado de tensión : efectivo</p> <p>Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26,50 °</p> <p>Cohesión de suelo : c_{ef} = 12,00 kPa</p> <p>Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"> (GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.78.0 base de hardware: 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fina spol. s r.o. All Rights Reserved www.fineoffice.com) (ICC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co) </p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]				x	z	x	z	1		0,00	0,00	6,00	5,00	19,00	20,00	29,00	25,00	50,00	30,00	38,00	27,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																									
Situación de diseño permanente																																																									
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																								
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																							
		x	z	x	z																																																				
1		0,00	0,00	6,00	5,00																																																				
		19,00	20,00	29,00	25,00																																																				
		50,00	30,00	38,00	27,00																																																				
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																				
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																				
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																				
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																						

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro:	4.30	36.73
Radio:	31.43	
Ángulos:	3.77	70.20

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.68

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		38,00	27,00	29,00	25,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		19,00	20,00	11,00	10,00	
		6,00	5,00	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	50,00	-5,00	
		50,00	30,00			

Agua
Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción
No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo
Coeficiente sísmico horizontal : $K_h = 0,26$
Coeficiente sísmico vertical : $K_v = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción
Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1
Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 2,30 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 8,44 [^\circ]$
	z = 34,73 [m]		$\alpha_2 = 71,23 [^\circ]$
Radio :	R = 29,43 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
Suma de fuerzas activas : $F_a = 1823,29$ kN/m
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1232,49$ kN/m
Momento de deslizamiento : $M_a = 53659,56$ kNm/m
Momento estabilizador : $M_p = 36272,20$ kNm/m
Factor de seguridad = $0,68 < 1,60$
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | Base de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar | Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es] [ICC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 28.

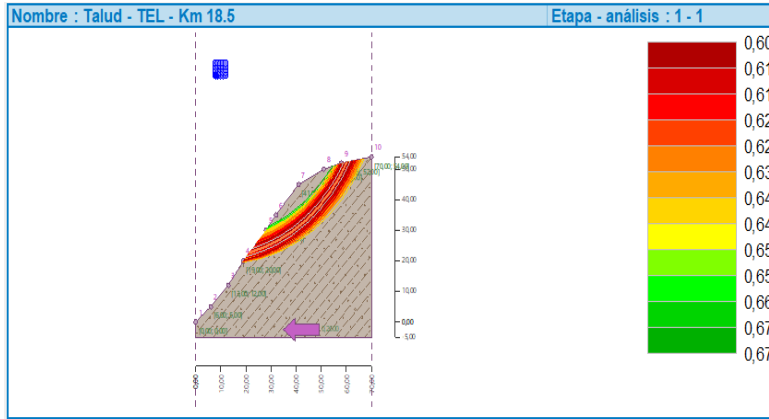
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 18.5 en la vía Chimbo - El Torneado.

FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES		PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																										
																																																													
CÓDIGO:	TAL-MIC-TEL-3																																																												
UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	Km 19 – Gualasay																																																												
COORDENADAS UTM:	709997.803 m – 9812282.649 m																																																												
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																													
																																																													
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																													
<p>Se sitúa en una zona crónica inestable, por la tanto ya se ha implementado medidas de reducción de riesgos, pero a pesar de eso se logra evidenciar deslizamientos de pequeña magnitud.</p>																																																													
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual)</p> <p>Análisis de estabilidad Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="4">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">1</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">  </td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>6,00</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>19,00</td> <td>20,00</td> <td>28,00</td> <td>30,00</td> </tr> <tr> <td>41,00</td> <td>45,00</td> <td>51,00</td> <td>50,00</td> </tr> <tr> <td>70,00</td> <td>54,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>C_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">26,50</td> <td style="text-align: center;">12,00</td> <td style="text-align: center;">18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26,50 ° Cohesión de suelo : C_{ef} = 12,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;">[GEOS- Estabilidad de Taludes (licencia educativa) versión 5.2019.78.0 llave de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.finesoftware.es [CC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co]</p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]				x	z	x	z	1		0,00	0,00	6,00	5,00	19,00	20,00	28,00	30,00	41,00	45,00	51,00	50,00	70,00	54,00			Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	C _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																													
Situación de diseño permanente																																																													
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																												
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																											
		x	z	x	z																																																								
1		0,00	0,00	6,00	5,00																																																								
		19,00	20,00	28,00	30,00																																																								
		41,00	45,00	51,00	50,00																																																								
		70,00	54,00																																																										
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	C _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																								
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																								
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																								
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																										

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro:	9.87	82.68
Radio:	59.56	
Ángulos:	12.89	59.60

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.60

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		58,00	52,00	51,00	50,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		41,00	45,00	32,00	35,00	
		28,00	30,00	19,00	20,00	
		13,00	12,00	6,00	5,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		70,00	-5,00	70,00	54,00	

Agua
Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción
No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo
Coeficiente sísmico horizontal : $K_H = 0,26$
Coeficiente sísmico vertical : $K_V = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción
Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 7,87 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 13,14 [^\circ]$
	z = 80,68 [m]		$\alpha_2 = 61,63 [^\circ]$
Radio :	R = 59,56 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
Suma de fuerzas activas : $F_a = 4471,73 \text{ kN/m}$
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 2676,80 \text{ kN/m}$
Momento de deslizamiento : $M_a = 266336,42 \text{ kNm/m}$
Momento estabilizador : $M_p = 159429,95 \text{ kNm/m}$
Factor de seguridad = 0,60 < 1,60
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | Base de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar |
Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es |
ICC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 033 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 29.

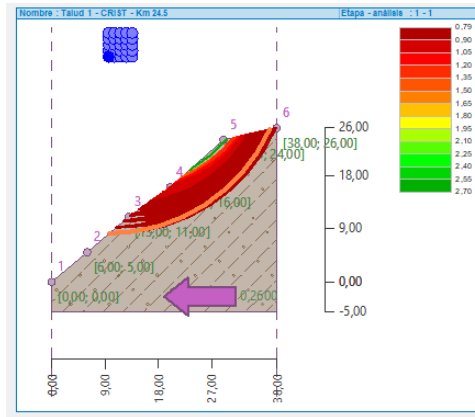
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 24.5 en la vía Chimbo - El Torneado.

FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES		PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																												
																																																															
CÓDIGO:	TAL-MIC-CRIT-1																																																														
UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	Km 24.5																																																														
COORDENADAS UTM:	708473.315 m – 9810351.654 m																																																														
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																															
																																																															
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																															
<p>En el cuerpo del talud se evidencia escasa vegetación, mientras que en la cresta se observa presencia de arbustos. La altura aproximada es de 26 metros.</p>																																																															
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual)</p> <p>Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td>SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>6,00</td> <td>5,00</td> <td>13,00</td> <td>11,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>20,00</td> <td>16,00</td> <td>29,00</td> <td>24,00</td> <td>38,00</td> <td>26,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>26,50</td> <td>12,00</td> <td>18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26,50 ° Cohesión de suelo : c_{ef} = 12,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"> (GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5 2019.78.0) Base de hardware: 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fina spol. s r.o. All Rights Reserved www.fineoffice.com (ICC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co) </p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	6,00	5,00	13,00	11,00			20,00	16,00	29,00	24,00	38,00	26,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																															
Situación de diseño permanente																																																															
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																														
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																													
		x	z	x	z	x	z																																																								
1		0,00	0,00	6,00	5,00	13,00	11,00																																																								
		20,00	16,00	29,00	24,00	38,00	26,00																																																								
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																										
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																										
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																										
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																												

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro: 11.60 40.06

Radio: 28.86

Ángulos: 3.49 60.15

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.79

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		29,00	24,00	20,00	16,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		13,00	11,00	6,00	5,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		38,00	-5,00	38,00	26,00	

Agua
Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción
No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo
Coeficiente sísmico horizontal : $K_h = 0,26$
Coeficiente sísmico vertical : $K_v = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción
Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)
Análisis 1
Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 9,60 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = 0,26 [^\circ]$
	z = 38,06 [m]		$\alpha_2 = 65,62 [^\circ]$
Radio :	R = 29,86 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
Suma de fuerzas activas : $F_a = 1786,34 \text{ kN/m}$
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1414,56 \text{ kN/m}$
Momento de deslizamiento : $M_d = 53340,04 \text{ kNm/m}$
Momento estabilizador : $M_p = 42238,64 \text{ kNm/m}$
Factor de seguridad = $0,79 < 1,60$
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | base de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar | Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine-software.cz] [CC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 30.

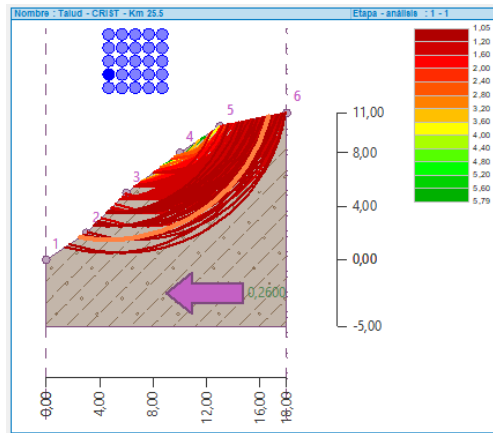
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 25.5 en la vía Chimbo - El Torneado.

 FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																										
CÓDIGO: TAL-MIC-CRIT-2																																																												
UBICACIÓN GEOGRÁFICA: Km 25.5																																																												
COORDENADAS UTM: 707228.712 m – 9808387.119 m																																																												
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																												
																																																												
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																												
<p>Talud ubicado en un sitio crónico inestable con fuertes pendientes, en el mismo que únicamente en la cresta se visualiza vegetación arbustiva propia de la zona.</p>																																																												
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">  </td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>3,00</td> <td>2,00</td> <td>6,00</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>10,00</td> <td>8,00</td> <td>13,00</td> <td>10,00</td> <td>18,00</td> <td>11,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">26,50</td> <td style="text-align: center;">12,00</td> <td style="text-align: center;">18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³</p> <p>Estado de tensión : efectivo</p> <p>Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26,50 °</p> <p>Cohesión de suelo : c_{ef} = 12,00 kPa</p> <p>Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <p style="text-align: center;">! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="text-align: right;">1</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"> [GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.78.01 base de hardware 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved www.fine-software.es [ICC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co] </p> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	3,00	2,00	6,00	5,00	10,00	8,00	13,00	10,00	18,00	11,00	Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																												
Situación de diseño permanente																																																												
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																											
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																										
		x	z	x	z	x	z																																																					
1		0,00	0,00	3,00	2,00	6,00	5,00																																																					
		10,00	8,00	13,00	10,00	18,00	11,00																																																					
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																							
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																							
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																							
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																									

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro: 6.67 14.87

Radio: 10.37

Ángulos: -6.15 65.84

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 1.05

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		13,00	10,00	10,00	8,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		6,00	5,00	3,00	2,00	
		0,00	0,00	0,00	-5,00	
		18,00	-5,00	18,00	11,00	

Agua

Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción

No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo

Coefficiente sísmico horizontal : $K_H = 0,26$

Coefficiente sísmico vertical : $K_V = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento			
Centro :	x = 4,67 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 = -9,96 [^\circ]$
	z = 13,87 [m]		$\alpha_2 = 75,28 [^\circ]$
Radio :	R = 12,37 [m]		

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 580,60$ kN/m

Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 610,06$ kN/m

Momento de deslizamiento : $M_d = 7181,97$ kNm/m

Momento estabilizador : $M_e = 7546,45$ kNm/m

Factor de seguridad = 1,05 < 1,60

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales












[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | llave de hardware 7895 | 1 | Universidad Estatal de Bolívar |
Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es |
[ICC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Tabla 31.

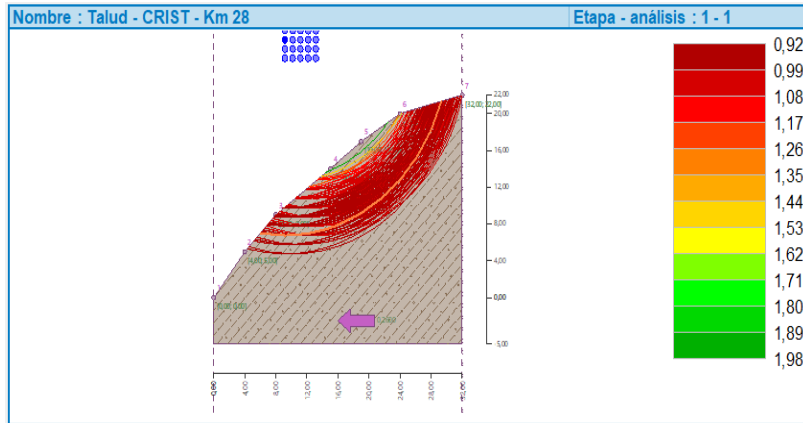
Análisis de estabilidad del talud situado en el Km 28 en la vía Chimbo - El Torneado.

 FICHA TÉCNICA – ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES		PARÁMETROS DE ANÁLISIS:	ETAPA A																																																																
CÓDIGO:	TAL-MIC-CRIT-3																																																																		
UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	Km 28																																																																		
COORDENADAS UTM:	707291.772 m – 9807994.9 m																																																																		
FOTOGRAFÍA ÁREA DE TALUD:																																																																			
																																																																			
CARACTERÍSTICAS DEL TALUD:																																																																			
<p>Se emplaza en una curva en U, en una zona crónica inestable con pendiente fuerte. En la cresta del talud existe una plantación de cultivo de maíz.</p>																																																																			
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Análisis de estabilidad de taludes</p> <p>Entrada de datos</p> <p>Proyecto Fecha : 26/10/2022</p> <p>Configuración (entrada para tarea actual) Análisis de estabilidad</p> <p>Análisis sísmico : Estándar Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Factores de seguridad</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Situación de diseño permanente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Factor de seguridad :</td> <td style="text-align: right;">SF_s = 1,60 [-]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Interfaz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nro.</th> <th rowspan="2">Ubicación de la Interfaz</th> <th colspan="6">Coordenadas de puntos de interfaz [m]</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> <th>x</th> <th>z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">1</td> <td rowspan="3"></td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>4,00</td> <td>5,00</td> <td>8,00</td> <td>9,00</td> </tr> <tr> <td>15,00</td> <td>14,00</td> <td>19,00</td> <td>17,00</td> <td>24,00</td> <td>20,00</td> </tr> <tr> <td>32,00</td> <td>22,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - Estado de tensión efectiva</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>φ_{ef} [°]</th> <th>c_{ef} [kPa]</th> <th>γ [kN/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>26,50</td> <td>12,00</td> <td>18,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Parámetros de suelo - subpresión</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nro.</th> <th>Nombre</th> <th>Trama</th> <th>γ_{sat} [kN/m³]</th> <th>γ_s [kN/m³]</th> <th>n [-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limo arenoso (MS), consistencia firme</td> <td></td> <td>18,00</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Datos del suelo</p> <p>Limo arenoso (MS), consistencia firme</p> <p>Peso unitario : γ = 18,00 kN/m³ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 26.50 ° Cohesión de suelo : c_{ef} = 12,00 kPa Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 18,00 kN/m³</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>! Para fines no sólo comerciales !</p> <p style="font-size: small;">[SEOS - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) versión 5.2019.70.0 llave de hardware: 7895 / 1 Universidad Estatal de Bolívar Copyright © 2021. Finis spol. s r.o. All Rights Reserved www.finissoftware.esj ICC Colombia S.A.S. (57) 311 475 0333 comercial@icc-colombia.com.co www.icc-colombia.com.co]</p> </div> </div>		Factores de seguridad		Situación de diseño permanente		Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]	Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]						x	z	x	z	x	z	1		0,00	0,00	4,00	5,00	8,00	9,00	15,00	14,00	19,00	17,00	24,00	20,00	32,00	22,00					Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00	Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]	1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00		
Factores de seguridad																																																																			
Situación de diseño permanente																																																																			
Factor de seguridad :	SF _s = 1,60 [-]																																																																		
Nro.	Ubicación de la Interfaz	Coordenadas de puntos de interfaz [m]																																																																	
		x	z	x	z	x	z																																																												
1		0,00	0,00	4,00	5,00	8,00	9,00																																																												
		15,00	14,00	19,00	17,00	24,00	20,00																																																												
		32,00	22,00																																																																
Nro.	Nombre	Trama	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]																																																														
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		26,50	12,00	18,00																																																														
Nro.	Nombre	Trama	γ _{sat} [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	n [-]																																																														
1	Limo arenoso (MS), consistencia firme		18,00																																																																

PARÁMETROS DE ANÁLISIS:

ETAPA B

RESULTADOS GEO 5:



DATOS DE SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO:

Centro: 11.17 28.02

Radio: 19.24

Ángulos: -9.34 69.56

RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUD:

Factor de seguridad base: 1.60

Factor de seguridad obtenido: 0.92

Estabilidad de Talud *NO ACEPTABLE (Inestable)*

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Coordenadas de puntos de superficie [m]				Asignado suelo
		x	z	x	z	
1		24,00	20,00	19,00	17,00	Limo arenoso (MS), consistencia firme
		15,00	14,00	8,00	9,00	
		4,00	5,00	0,00	0,00	
		0,00	-5,00	32,00	-5,00	
		32,00	22,00			

Agua
Tipo de agua : Sin presencia de agua

Grieta de tracción
No se ha introducido la grieta de tracción.

Sismo
Coeficiente sísmico horizontal : $K_H = 0,26$
Coeficiente sísmico vertical : $K_V = 0,00$

Configuraciones de la etapa de construcción
Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	9,17 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	-8,54 [°]
	z =	28,02 [m]		$\alpha_2 =$	71,65 [°]
Radio :	R =	21,24 [m]			

Superficie de deslizamiento luego de la búsqueda de grilla.

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)
Suma de fuerzas activas : $F_A = 1395,91$ kN/m
Suma de fuerzas pasivas : $F_P = 1289,37$ kN/m
Momento de deslizamiento : $M_D = 29649,07$ kNm/m
Momento estabilizador : $M_E = 27386,23$ kNm/m
Factor de seguridad = 0,92 < 1,60
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Para fines no sólo comerciales

[GEO5 - Estabilidad de Taludes (Licencia educativa) | versión 5.2019.78.0 | Base de hardware 7895 / 1 | Universidad Estatal de Bolívar |
Copyright © 2021 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.es |
ICC Colombia S.A.S. | (57) 311 475 0333 | comercial@icc-colombia.com.co | www.icc-colombia.com.co]

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: Informe de análisis GEO 5.

Al analizar el grado de estabilidad de los taludes, es posible señalar que el talud 4 – 5 – 6 y 7, con un factor de seguridad de 0.71 - 0.68 - 0.60 y 0.79 respectivamente, presentan elevados niveles de inestabilidad, razón por la cual se les considera altamente peligrosos, pues al comparar estos valores con el factor de seguridad definido (1.60), resultan ser datos que se encuentran por debajo del parámetro de análisis. Además, al examinar minuciosamente la cartografía de estabilidad e inestabilidad del suelo y el mapa de zonas susceptibles a movimientos en masa, dichos taludes se encuentran ubicados en un área crónica de inestabilidad y sobre una zona de muy alta susceptibilidad, explicando de esto modo la frecuente ocurrencia del evento peligroso en estudio.

Por otra parte, los taludes, que se podrían considerar un tanto estables y seguros son el 1 y el 8, pues los factores de seguridad obtenidos se aproximan al factor propuesto, con valores de 1.02 y 1.05.

Tabla 32.

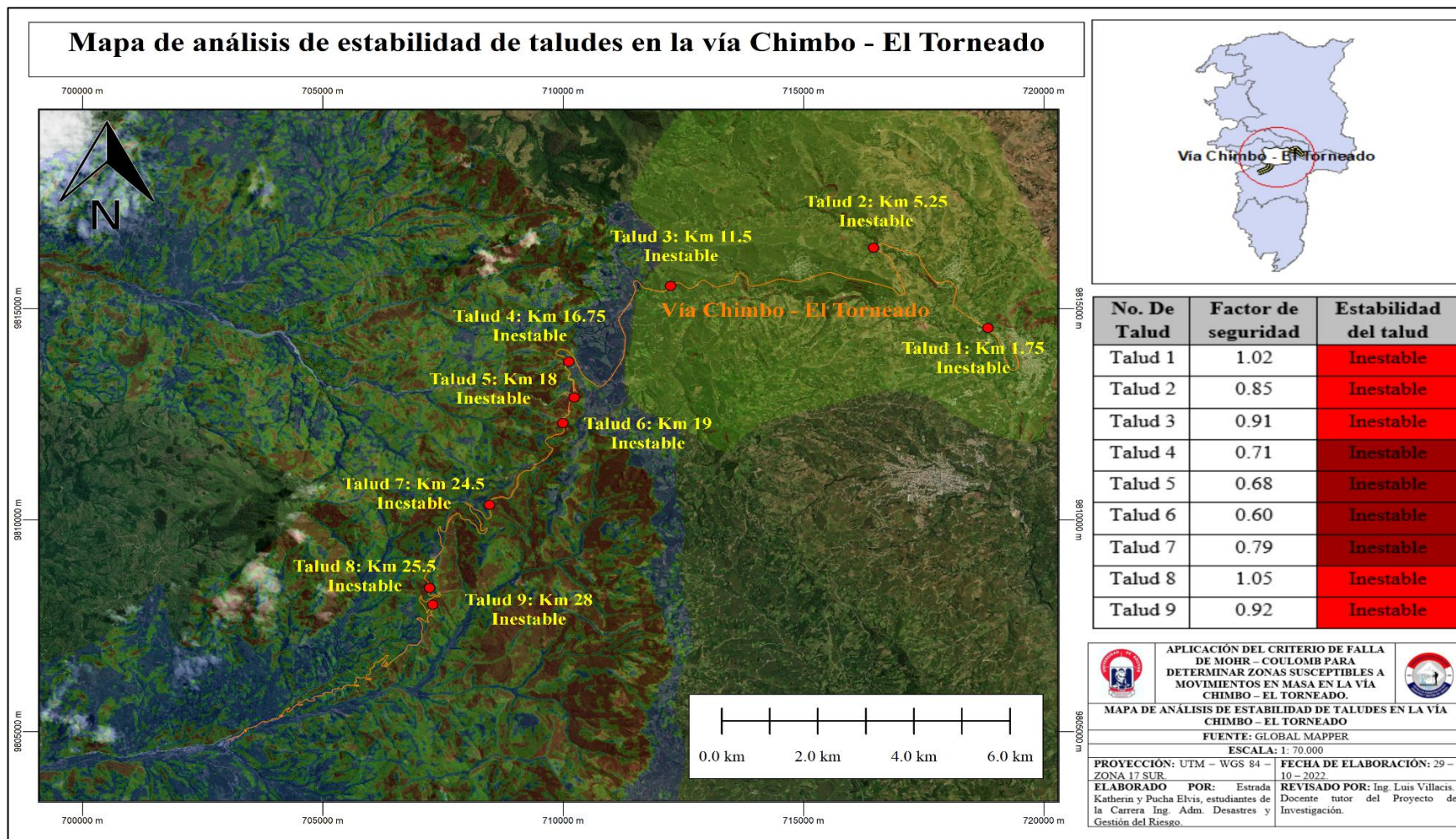
Estabilidad de los taludes identificados en el trayecto de la vía Chimbo - El Torneado.

No. De Talud	Microcuencia	Factor de seguridad	Estabilidad del talud	Categoría
Talud 1	Batan	1.02	No aceptable	Inestable
Talud 2	Batan	0.85	No aceptable	Inestable
Talud 3	Batan	0.91	No aceptable	Inestable
Talud 4	Telimbela	0.71	No aceptable	Inestable
Talud 5	Telimbela	0.68	No aceptable	Inestable
Talud 6	Telimbela	0.60	No aceptable	Inestable
Talud 7	El Cristal	0.79	No aceptable	Inestable
Talud 8	El Cristal	1.05	No aceptable	Inestable
Talud 9	El Cristal	0.92	No aceptable	Inestable

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Gráfico 13.

Mapa de estabilidad de taludes identificados en la vía Chimbo - El Torneado.



Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

Fuente: ArcGIS 10.5 – ArcMap.

En base al análisis realizado, es factible indicar que en los taludes 2 – 5 y 6, pese a que ya se ha implementado estrategias de estabilización de taludes, aun se puede constatar la ocurrencia de pequeños movimientos en masa de tipo deslizamientos.

Con base al contexto expuesto, es fundamental establecer e implementar medidas de reducción de riesgos, que abarquen un enfoque estructural y no estructural, dando prioridad a los taludes más peligrosos. El objetivo de dichas medidas y/o estrategias debe apuntar a disminuir la ocurrencia de un desequilibrio en los taludes que de origen a los movimientos en masa.

4.3 Resultado Según Objetivo Específico 3

Establecimiento de medidas de reducción de riesgo estructurales y no estructurales para el área de estudio ante movimientos en masa.

Una vez que se han identificado las zonas susceptibles a movimientos en masa y obtenido el grado de estabilidad de los taludes encontrados en la vía Chimbo – El Torneado de la provincia Bolívar, se proponen medidas de reducción de riesgos en base a dos enfoques: estructurales y no estructurales.

Las medidas de reducción de riesgos estructurales, pueden ser cualquier infraestructura que ayude a minimizar o evitar los posibles impactos negativos de una amenaza, así como, la implementación de técnicas de ingeniería que ayuden a la resiliencia de las estructuras frente a un evento natural.

Por su parte, las medidas de reducción de riesgos no estructurales, es toda acción que no implementa una construcción física y hace uso del conocimiento y prácticas existentes que ayuden a reducir el impacto negativo de una amenaza en base a políticas, leyes, capacitaciones, concientización y la educación.

Tema: Medidas de reducción de riesgos ante el evento de movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado de la provincia Bolívar.

Justificación

La vía Chimbo – El Torneado fue construida con el objetivo de unir la sierra con la costa, dando así, una favorable circulación de vehículos de carga pesada y liviana. Este fue un camino de tercer orden, pero en la actualidad gracias a la inversión realizada por el estado, se ha llegado a tener una vía de primer orden con su señalética respectiva, esto ha permitido incrementar el desarrollo de la provincia en temas de comercialización y turismo. Además, de mejorar substancialmente la economía popular de las comunidades campesinas del cantón Chimbo y San Miguel.

La vía mencionada anteriormente, al ser construida sobre un territorio montañoso con pendientes considerables y un suelo inestable, se convierte en una zona altamente susceptible a movimientos en masa. También, los taludes identificados a lo largo del trayecto de la vía Chimbo –El Torneado son inestables y requieren obras que ayuden a minimizar el riesgo de movimientos en masa y permitir la libre circulación de pobladores de las diferentes comunidades y usuarios que eligen diariamente transitar por esta vía.

Según el contexto expuesto de la problemática identificada en esta vía, se propone medidas de reducción de riesgos ante movimientos en masa, con la finalidad de prevenir daños estructurales en la vía y salvaguardar la integridad física de los pobladores y usuarios que transitan por ella. Además, se busca generar a un futuro una cultura de prevención, preparación y respuesta ante el peligro constante que se encuentran expuestos habitualmente.

Objetivos

Objetivo General:

Establecer medidas de reducción de riesgos ante la amenaza de movimientos en masa en la vía Chimbo – El Torneado de la provincia Bolívar.

Objetivos Específicos:

- Determinar líneas estratégicas de acción para la reducción de la amenaza de movimientos en masa en la vía Chimbo –El Torneado.
- Elaborar un plan de acción de medidas de reducción de riesgos estructurales y no estructurales, con apoyo de las instituciones competentes.

Estrategias de reducción de riesgos de desastres

Al existir un evento natural como un movimiento en masa en el área de estudio, los pobladores y usuarios que transitan por la vía reciben la ayuda del MTOP (Ministerio de transporte y obras públicas).

Líneas de Gestión de Riesgos

El presente trabajo de investigación está basado en la Gestión de riesgos de desastres, que comprende diversas áreas que son: análisis de riesgos, reducción de riesgos, manejo de eventos adversos y recuperación. Mismas que serán tomadas en cuenta para establecer estrategias de acción para reducir el riesgo de movimientos en masa, en el área de estudio con el apoyo de las instituciones competentes.

La implementación de medidas de reducción de riesgos estructurales y no estructurales, darán un aporte óptimo para la prevención y reducción del riesgo, ya que estas acciones están orientadas a mejorar la calidad de vida de los pobladores y brindarles un entorno seguro.

Plan de acción de medidas de reducción de riesgo ante movimientos en masa

Tabla 33.

Plan de acción de medidas de reducción de riesgos, estructurales y no estructurales ante movimientos en masa.

Talud	Factor de seguridad	Estabilidad del talud	Categoría	Medidas estructurales	Medidas no estructurales	Responsables
Talud 1	1.02	No aceptable	Inestable	Realizar el control de aguas superficiales, a través de la construcción de canales de coronación, que permitan transportar el agua lluvia adecuadamente.	<p>MNE Activa: Conformar comités barriales de gestión de riesgos para la atención de emergencias dentro de la localidad.</p> <p>MNE Pasiva: Regular el uso de suelo y ordenamiento territorial a fin de evitar asentamientos humanos irregulares en zonas de riesgo.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo.</p> <p>MTOP Provincia Bolívar.</p>
Talud 2	0.85	No aceptable	Inestable	Reconstruir las bermas e implementar el manejo superficial de agua mediante la cimentación de cunetas, para de esta forma incrementar el factor de seguridad frente a movimientos en masa.	<p>MNE Activa: Desarrollar tareas de gestión local (participación comunitaria en mingas) para la construcción de cunetas en cada una de las bermas.</p> <p>MNE Pasiva: Edificar las bermas y cunetas respetando los códigos y normas de construcción que rigen a nivel nacional.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo.</p> <p>MTOP Provincia Bolívar.</p> <p>Comité Barrial de Panchigua.</p>

Talud 3	0.91	No aceptable	Inestable	<p>Modificar la topografía del talud, desarrollando el aplanamiento de la pendiente de modo que el círculo de falla sea más largo y profundo, aumentando así el factor de seguridad.</p>	<p>MNE Activa: Efectuar trabajos de gestión a nivel local (coordinación interinstitucional), para el abatimiento de la pendiente.</p> <p>MNE Pasiva: Modificar la pendiente del talud, tomando en consideración las directrices establecidas en los códigos y normas de construcción.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo. MTOP Provincia Bolívar. Comité Comunitario del recinto Achachi.</p>
Talud 4	0.71	No aceptable	Inestable	<p>Estabilizar el talud construyendo canaletas y bermas intermedias, con alturas entre los 5 a 7 metros, y así poder disminuir las fuerzas actuantes sobre el talud e incrementar el factor de seguridad.</p>	<p>MNE Activa: Ejecutar campañas de difusión que ayuden a advertir a los conductores que el sitio es potencialmente peligroso, dado que puede ocurrir movimientos en masa.</p> <p>MNE Pasiva: Construir la bermas y cunetas, de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en códigos y normas de construcción.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo. MTOP Provincia Bolívar. Unidad Municipal de Transito del Cantón Chimbo.</p>
Talud 5	0.68	No aceptable	Inestable	<p>Cimentar canaletas hacia dentro del talud junto a las bermas, para conducir el agua lluvia a los canales rápidos de recolección de agua, mismos que deben poseer una pendiente que ayude a que los sedimentos no se acumulen.</p>	<p>MNE Activa: Ejecutar campañas de difusión que ayuden a advertir a los conductores y transeúntes que el sitio es peligroso, dado que puede ocurrir movimientos en masa.</p> <p>MNE Pasiva: Respetar los códigos y normas de construcción en el proceso de construcción de las canaletas y canales rápidos.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo. MTOP Provincia Bolívar. Unidad Municipal de Transito del Cantón Chimbo.</p>

Talud 6	0.60	No aceptable	Inestable	<p>Cimentar canaletas hacia dentro del talud junto a las bermas, para conducir el agua lluvia a los canales rápidos de recolección de agua, mismos que deben poseer una pendiente que ayude a que los sedimentos no se acumulen.</p>	<p>MNE Activa: Ejecutar campañas de difusión que ayuden a advertir a los conductores y transeúntes que el sitio es potencialmente peligroso, dado que puede ocurrir movimientos en masa.</p> <p>MNE Pasiva: Respetar los códigos y normas de construcción antes, durante y después del proceso de construcción de las canaletas y canales rápidos de recolección de agua del talud.</p>	<p>GAD del Cantón Chimbo. MTOB Provincia Bolívar. Unidad Municipal de Transito del Cantón Chimbo.</p>
Talud 7	0.79	No aceptable	Inestable	<p>Edificar canales o zanjas de coronación en la parte alta del talud, mismo que ayudara a conducir el agua lluvia de forma adecuada y de esta forma evitar que estas atraviesen por el talud y erosionen el suelo.</p>	<p>MNE Activa: Desarrollar y fortalecer alianzas entre instituciones públicas (GAD, MTOB, UMT) para la ejecución de medidas de reducción de riesgos en el sitio.</p> <p>MNE Pasiva: Los canales de coronación deben ser edificados según las normas técnicas de construcción.</p>	<p>GAD del Cantón San Miguel. MTOB Provincia Bolívar. Unidad de Tránsito Municipal del Cantón San Miguel.</p>

Talud 8	1.05	No aceptable	Inestable	Intervenir el talud para estabilizarlo, construyendo un sistema de bermas, canaletas y canales rápidos, que contribuyan a reducir los niveles de filtración de agua superficial en el talud.	<p>MNE Activa: Desarrollar y fortalecer alianzas entre instituciones públicas (GAD, MTOP, UMT) para la ejecución de medidas de reducción de riesgos en el sitio.</p> <p>MNE Pasiva: Aplicar las normas técnicas de construcción para la edificación de las bermas, canaletas y canales.</p>	<p>GAD del Cantón San Miguel. MTOP Provincia Bolívar. Unidad de Tránsito Municipal del Cantón San Miguel.</p>
Talud 9	0.92	No aceptable	Inestable	Fabricar un canal de coronación impermeable en la cresta del talud, para transportar el agua lluvia adecuadamente, impidiendo que este pase por el talud y sature el suelo.	<p>MNE Activa: Desarrollar y fortalecer alianzas entre instituciones públicas (GAD, MTOP, UMT) para la ejecución de medidas de reducción de riesgos en el sitio.</p> <p>MNE Pasiva: Los canales de coronación deben ser edificados según las normas técnicas de construcción.</p>	<p>GAD del Cantón San Miguel. MTOP Provincia Bolívar. Unidad de Tránsito Municipal del Cantón San Miguel.</p>

Elaborado por: Estrada K & Pucha E, 2022.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- A partir de los análisis realizados se puede determinar que, la vía Chimbo – El Torneado con una extensión de 40 km, que atraviesa los cantones de San José de Chimbo y San Miguel de Bolívar, se encuentra situada mayoritariamente (26.19 km) sobre una zona de inestabilidad del suelo, debido a la presencia de fuertes pendientes, zonas de máxima acumulación y por las condiciones geográficas propias del territorio. Asimismo, solo unos pocos kilómetros (13.81 km) de vía están localizados en zonas estables, mismas que corresponden a la cumbre de las montañas y colinas por las cuales se extiende dicha arteria vial.

Por otra parte, aproximadamente 18 tramos de la vía, localizados en los km 3.5 – 5 – 7 - 8 – 10 – 11 - 16.75 – 18 – 19 – 20.5 – 21 – 22 – 23 – 24.5 – 25.5 – 28 – 30 – 31, se ubican en zonas de inestabilidad crónica del suelo, motivo suficiente que ayuda a explicar claramente la constante ocurrencia de deslizamientos en esos sectores. Con base a esto, se puede determinar que mencionados tramos de la vía, al estar asentados en suelos de inestabilidad crónica, se convierten en zonas muy altamente susceptibles a movimientos en masa, siendo necesario la implementación de medidas de reducción de riesgos, que abarquen la parte estructural y no estructural, a fin de reducir daños en la línea vital y el impacto sobre la población, medios de vida y bienes materiales.

- Al analizar la estabilidad de taludes a través del Método Simplificado de Bishop en el Software GEO 5, se puede evidenciar que el factor de seguridad

de estos, se encuentra en un intervalo de 0.60 a 1.05, datos que al ser contrastados con el factor de seguridad definido (1.60), indican que los 9 taludes examinados poseen una estabilidad no aceptable, es decir son inestables y por lo tanto estos podrían ser medios en los que probablemente pueden ocurrir movimientos de remoción en masa.

De esta manera, los taludes con un mayor grado de inestabilidad y que son altamente peligrosos son el 4 – 5 – 6 y 7 cuyos factores de seguridad son 0.71 – 0.68 – 0.60 y 0.79, debido a que se localizan sobre un área de inestabilidad crónica del suelo donde la ocurrencia de deslizamientos se da de forma frecuente. Por otra parte, los 5 restantes taludes (1 – 2 – 3 – 8 y 9) tienen un grado de estabilidad que van desde 0.85 a 1.05, representando un nivel de peligro medio.

Partiendo de lo expuesto, es elemental que, en los 9 taludes analizados, se realice trabajos de estabilización e implemente medidas de reducción de riesgo ante movimientos en masa, mismas que contribuyan a atenuar el impacto en la población, bienes materiales, medios de vida y líneas vitales necesarias para un adecuado funcionamiento territorial.

- Las medidas de reducción de riesgos frente a movimientos en masa, se ha formulado en base al estudio de determinación de zonas susceptibles a dicho evento peligroso y según el análisis de estabilidad de taludes efectuado. Para esto, se ha contemplado dos enfoques, el uno que comprende la parte estructural y el segundo hace énfasis a lo no estructural, debido a que, estas deben ir a la par, pues para garantizar el correcto funcionamiento de la parte estructural se requiere necesariamente de las acciones no físicas que ayudan a prevenir, mitigar y reducir el riesgo.

De esta manera, las medidas estructurales definidas, están ligadas a la realidad del territorio e implican, la construcción de obras, tales como; edificación de canales de coronación para el transporte de agua lluvia, reconstrucción de bermas en taludes donde anteriormente ya se realizó trabajos de estabilización, cimentación de canaletas y canelas rápidos para conducir el agua de forma adecuada evitando que esta atravesase por el talud.

Por su parte, en el enfoque no estructural, se ha establecido medidas activas y pasivas, mismas que incluyen a la población como tal y las políticas públicas. Dentro de las medidas activas se ha contemplado, la organización comunitaria para la atención de posibles emergencias en la localidad, la participación activa de la comunidad en los procesos de reducción de riesgos, el desarrollo y fortalecimiento de alianzas estratégicas entre instituciones para la implementación de medidas de reducción y la ejecución de campañas de difusión para mantener preparada a la población ante eventuales incidentes. Mientras que, en las medidas pasivas, se considera los códigos y normas de construcción que rigen a nivel nacional, cuyo propósito se orienta a controlar que la implementación de las medidas estructurales, se realice de acuerdo a lo que estable dichos instrumentos, impidiendo así, que estas generen otros tipos de riesgo para la población.

5.2 Recomendaciones

- Implementar medidas de reducción de riesgo en los tramos de la vía que se localizan sobre zonas de alta susceptibilidad a movimientos en masa y en los taludes inestables, abarcando la parte estructural y la no estructural.
- Desarrollar estudios geotécnicos detallados y análisis de estabilidad de taludes en toda la ruta de la vía, para de esta forma determinar los sitios críticos que

requieren de intervención inmediata, en cuanto refiere a la aplicación de medidas que ayuden a contrarrestar un posible desequilibrio del talud que pudiera dar origen a la ocurrencia de movimientos en masa.

- Reforzar las medidas de reducción de riesgos implementadas en ciertos taludes situados en la vía Chimbo – El Torneado, a fin de evitar que se sigan produciendo deslizamientos que afectan el tránsito vehicular y ocasionan daños a la población, bienes materiales, medios de vida y líneas vitales.
- Realizar periódicamente mantenimiento en los taludes en los cuales se ha ejecutado trabajos de estabilización, con el propósito de prevenir una potencial falla en la base, cuerpo o cresta que desencadene cualquier tipo de movimiento en masa.
- Colocar señalética preventiva, misma que indique el riesgo de movimiento en masa, para de esta manera mantener en alerta a los habitantes del territorio en estudio y a las personas que a diario circulan por este importante eje vial que une la región sierra y costa.
- Acoger las indicaciones, directrices, acciones y recomendaciones plasmadas en este proyecto de investigación, mismas que contribuyen de cierta manera para la reducción del riesgo de movimientos en masa y el posible impacto a nivel social, económico y ambiental.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alberti Arroyo, J., Canales Bernal, R., & Sandoval, B. (2006). *Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos en taludes y su aplicación a un caso específico*. San Salvador: Universidad del Salvador.
- Alcaldía de Medellín. (2016). *Movimientos en masa*. Medellín.
- Alcántara Ayala, I. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas*, 10-11.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (2016). *Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Ginebra.
- Asamblea Nacional. (2009). *LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*. Quito.
- Asamblea Nacional. (2010). *CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL*. Quito.
- Barrionuevo Aldaz, R. A., & Chillo Benavides, E. J. (2022). *Susceptibilidad ante la amenaza de deslizamientos y estrategias de reducción de riesgos en la vía Circunvalación, Cantón San Miguel*. Guaranda.

- Bonilla Montero, J. E., & Cunalata Palate, A. D. (2018). *Análisis de los factores de susceptibilidad ante deslizamientos en la vía Guaranda - San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar*. Guaranda.
- Burgos Alemán, C. (2015). *Aplicaciones Geotécnicas para la Determinación del Peligro por Deslizamiento*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Cárdenas, A. (1 de Febrero de 2022). *EL UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/suben-a-14-los-fallecidos-por-aluvion-que-afecto-al-sector-de-la-gasca-en-el-norte-de-quito-nota/>
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (12 de Enero de 2018). *CDC: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/es/disasters/landslides.html>
- Consejo Nacional de Recursos Hídricos. (2002). *Memoria Técnica: División Hidrográfica del Ecuador, Propuesta del CNRH y el Grupo Interinstitucional para oficializar en el Ministerio de Relaciones Exteriores*. Quito.
- Constitución de la República. (2010). *REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*. Quito.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (27 de Noviembre de 2020). *Corpoboyacá*. Obtenido de <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abc-lo-que-debes-saber-sobre-los-movimientos-en-masa/>
- Covo, I., Tuirán, E., Jaraba, F., & Pereira, T. (2012). Ángulo de fricción interna bidimensional en arenas en función de su gradación. *Ciencias e Ingeniería al Día*, 1-12.

- Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: International Thomson.
- Dávila, Á., Cuesta, R., Villagómez, M., Fierro, D., León, F., Guerrero, K., & Vallejo, J. (2018). *Atlas Espacios Geográficos Expuestos a Amenazas Naturales y Antrópicas*. Quito: IGM.
- EL UNIVERSO. (16 de Marzo de 2021). *EL UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/deslizamientos-por-lluvias-afectan-movilidad-en-diversas-vias-a-nivel-nacional-algunas-se-mantienen-cerradas-desde-el-fin-de-semana-nota/>
- EL UNIVERSO. (21 de Mayo de 2022). *EL UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/tramo-de-la-carretera-a-loag-santo-domingo-cerrado-al-transito-por-derrumbe-en-el-kilometro-83-nota/>
- Escobar P, C., & Escobar, G. (2020). *Geotecnia para el Trópico Andino*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- GAD del Cantón Chimbo. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chimbo*. Chimbo.
- GAD del Cantón San Miguel de Bolívar. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón San Miguel de Bolívar*. San Miguel.
- GADPB. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA BOLÍVAR*.
- García Bonilla, N. A., & Restrepo Albarello, A. C. (2016). *La integración de las medidas estructurales y no estructurales para la gestión del riesgo de desastre por deslizamiento en Colombia*. Manizales.

- Garzón Iral, J. M., Valencia Palacio, E., & Muñoz Cossio, J. A. (2012). *Evaluación de la vulnerabilidad y consecuencias por deslizamiento en la conexión vial Aburrá - Río Cauca* . Medellín.
- Geotecnia y Mecanica de Suelos* . (3 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/estabilidad-taludes/>
- IDIGER. (11 de Julio de 2022). *INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO*.
- INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas. Lima: Litigraf EIRL.
- Kales, G. (2007). *Caracterización de procesos dominantes en una cuenca alpina*. Genova.
- Laboratorio CSR. (3 de Mayo de 2019). *Universidad Internacional de Riesgo*. Obtenido de <https://www.universidadderiego.com/la-textura-en-los-suelos-agricolas/>
- Ministerio de Finanzas del Ecuador. (2010). *CÓDIGO ORGÁNICO DE PLANIFICACIÓN Y FINANZAS PÚBLICAS*. Quito.
- Moreta, M. (23 de Mayo de 2022). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/desprendimiento-rocas-heridos-aloag-santo-domingo.html>
- Pinto, A. (2022). *Ingeniería Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>

- Pinzón García, L. (2012). *Variación del factor de seguridad en taludes compuestos por cenizas volcánicas, comparando los parámetros mecánicos de 2 taludes fallados con las propiedades de un suelo sometido a saturación*. Pereira.
- PNUD. (2012). *Propuesta metodológica: Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal*. Quito: AH/editorial.
- Ponce López, J. D. (2017). *Susceptibilidad a deslizamientos en la carretera Jipijapa - Puerto Cayo*. Manabí.
- Poveda, R., Rodríguez, O., & Rosas, M. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DEL TALUD UBICADO EN EL SECTOR PORTAL DE LA MARTINICA DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ*. Ibagué - Tolima: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Reyes Suárez, Y. R. (2019). Análisis de estabilidad de taludes aplicando diferentes técnicas de revegetalización. En Y. R. Reyes Suárez, *Análisis de estabilidad de taludes aplicando diferentes técnicas de revegetalización* (págs. 25-26). Tunja.
- Sagarra Zeas, F. M., & Montalván Orellana, D. A. (2022). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos por medios de sistemas de información geográfico en la parroquia Bulán, cantón Paute*. Cuenca.
- Sanhueza Plaza, C., & Rodríguez Cifuentes, L. (2013). Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 17-29.

- Sanzano A. (2022). *Geotecnia y Mecanica de Suelos ABC*. Obtenido de <https://geotecniaymecanicasuelosabc.com/densidad/>
- Schmalbach, R. (2022). *IECA IBEROAMERICA*. Obtenido de <https://iecaiberoamerica.org/solucion-ingenieril-para-la-estabilidad-de-suelo/>
- Secretaría General de la Comunidad Andina. (2018). *Glosario de términos y conceptos de la gestión del riesgo de desastres para los países miembros de la Comunidad Andina*. Lima.
- Servicio Nacional de Contratación Pública. (2018). *LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA*. Quito.
- Significados.com*. (3 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://www.significados.com/pendiente/>
- Skinner, B., & Porter, S. (1992). *The Dynamic Earth: an introduction to physical geology. II edition*. New York: John Willey & Sons.
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Universidad de Santander.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos*. Tomo I: Análisis Geotécnico. Bucaramanga.
- Tobar, J. (01 de Mayo de 2021). *El Oriente*. Obtenido de <https://www.eloriente.com/articulo/los-movimientos-en-masa-como-amenaza-natural/16494>
- Trujillo Cataño, D., & Valencia Morales, S. (2016). *Evaluación de susceptibilidad por movimientos en masa para la Empresa Canteras de Colombia S.A*. Manizales.

VISTAZO. (22 de Diciembre de 2021). *VISTAZO*. Obtenido de

<https://www.vistazo.com/actualidad/nacional/hundimiento-alarma-a-los-habitantes-de-chimbo-carretera-y-casas-destruidas-LE1143269>

Zuloaga, I. (8 de Octubre de 2017). *Diccionario.geotecnia.online*. Obtenido de

https://www.diccionario.geotecnia.online/diccionario/zona-inestable/#top_ankor

7. ANEXOS

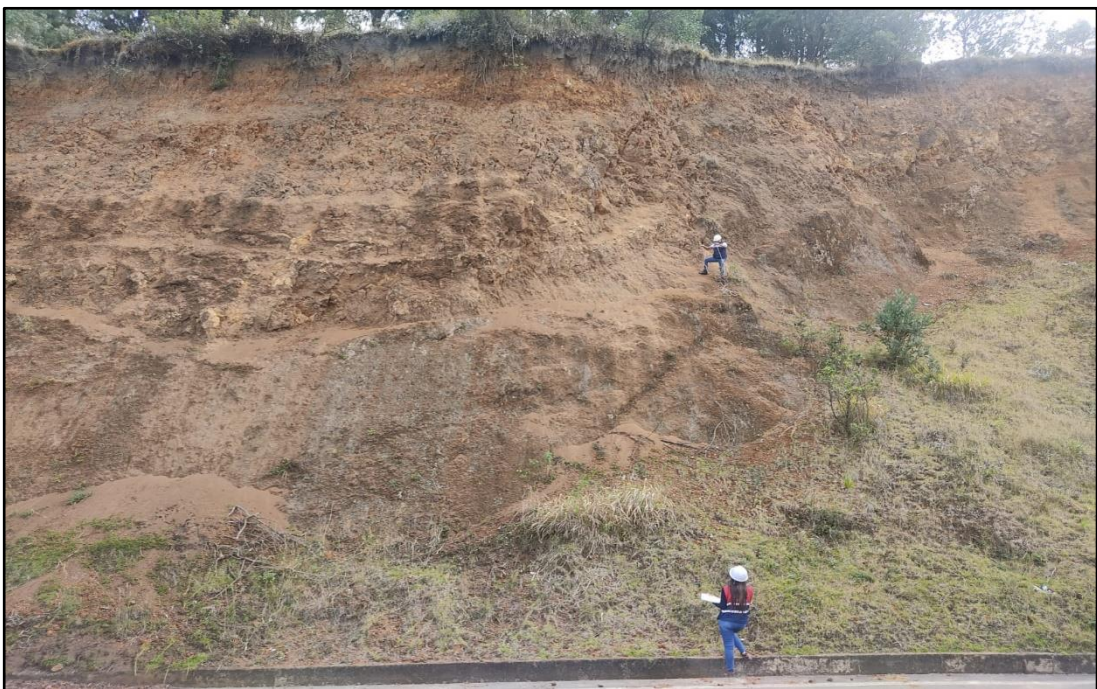
7.1 Anexo N° 1. Documentación fotográfica.

Fotografía N°. 1. Observación de campo en la vía Chimbo – El Torneado para identificar taludes.



Fuente: Pucha E, 2022.

Fotografía N°. 2. Visita de campo a taludes identificados para recolectar información de las características y coordenadas.



Fuente: Pucha E, 2022.

Fotografía N°. 3. Descripción de las características del talud 2, situado en el Km 5.25 en el sector de Panchigua.



Fuente: Pucha E, 2022.

Fotografía N°. 4. Medición de datos de longitud en el talud 3, para el diseño de curvas de nivel.



Fuente: Pucha E, 2022.

Fotografía N°. 5. Recolección y medición de puntos (longitud – altitud) de los taludes situados en la vía Chimbo – El Torneado.




Fuente: Pucha E, 2022.

Fotografía N°. 6. Toma de medidas de longitud y altitud en los taludes localizados en la zona de estudio.




Fuente: Pucha E, 2022.

7.2 Anexo N° 2. Informe de análisis del suelo realizado.

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN <small>Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.</small>	Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS	Versión	1
		Año	2022
		Página	Página 1 de 2

INFORME N° 142-2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
Solicitante	Elvis Xavier Pucha Guaille - Katherin Estrada					
Muestra	Suelo					
Código asignado UEB	INV 250- INV 251- INV 252					
Estado de la muestra	Sólido					
Envase de recepción	Funda ziploc					
Análisis requerido(s)	Determinación de textura y densidad real					
Fecha de recepción	07/10/2022					
Fecha de análisis	11-12/10/2022					
Fecha de informe	13/10/2022					
Técnico (s) asignado	MIPV					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Unidad	Método de análisis	Resultado	Promedio
INV 250	Suelo microcuena Batan - R1	Densidad Real en suelo seco	g/cm ³	Método del picnómetro	2,571	2.488
	Suelo microcuena Batan – R2				2,474	
	Suelo microcuena Batan – R3				2,420	
INV 251	Suelo microcuena Telimbela- R1				2,952	2.878
	Suelo microcuena Telimbela- R2				2,798	
	Suelo microcuena Telimbela- R3				2,885	
INV 251	Suelo microcuena El Cristal - R1				3,098	3,074
	Suelo microcuena El Cristal – R2				3,102	
	Suelo microcuena El Cristal – R3				3,023	

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.		Código	FPG12-01
	INFORME DE RESULTADOS		Versión	1
			Año	2022
			Página	Página 2 de 2


Código	Identidad de la muestra	Parámetro	Método de análisis	Porcentaje de:		Tipo de suelo
INV 250	Suelo microcuena Batan	Textura	Método de los Bouyoucos	Arena	58	Arcillo arenoso
				Lino	5	
				Arcilla	37	
INV 251	Suelo microcuena Telimbela			Arena	71	Franco arenoso
				Lino	12	
				Arcilla	17	
INV 251	Suelo microcuena El Cristal			Arena	84	Arenoso franco
				Lino	10	
				Arcilla	6	



Firmado electrónicamente por:
 EDGAR MARCELO
 VILCACUNDO
 CHAMORRO

Ing. Marcelo Vilcacundo
 Director DIVIUEB

7.3 Anexo N° 3. Ficha técnica de observación de campo.

	Universidad Estatal de Bolívar Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano Carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo
---	---

FICHA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO



1. DATOS GENERALES			
ÁREA DE OBSERVACIÓN:	Vía Chimbo - El Tamab	COORDENADAS DE REFERENCIA:	X: 718844,042 Y: 9814533,712
TEMÁTICA A OBSERVAR:	Características de talud	NOMBRE DEL OBSERVADOR/ES:	1: Elvis Pucha 2: Katherine Estrella
CÓDIGO:	OBS - CHI - TOR	FECHA:	19 / 10 / 2022

2. SITIO DE OBSERVACIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:	La vía Chimbo - El Tamabada posee una extensión de 400m atravesada por el cantón Chimbo y San Miguel de Bolívar. Este eje vial está situado sobre una zona de susceptibilidad a diferentes tipos de movimientos en masa, especialmente en temporadas lluviosas.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS OBSERVADOS			
TALUD	DESCRIPCIÓN	KM	COORDENADAS
Talud 1:	Talud Tamab con tuberías de PVC de alantoullada línea vial de agua potable contiene polietileno (Plástico).	1.75	X: 718844,042 Y: 9814533,712
Talud 2:	Talud Volta de Panchigua, con presencia de arbustos y plantas nativas de la zona, forma de terraza.	5.25	X: 716564,760 Y: 9816427,301
Talud 3:	Talud ubicada frente a la escuela Arcechi de la parroquia la Magdalena, con presencia de vegetación arbustiva, se localiza la red de energía eléctrica.	11.5	X: 712241,021 Y: 9815526,282
Talud 4:	Talud vía Guayasay, zona crítica inestable, localizado al lado izquierdo de la vía en la parte superior se observa la presencia de árboles.	16.75	X: 708473,315 Y: 9810351,654
Talud 5:	Talud localizado al lado izquierdo de la vía en forma de terraza, se observan 5 charcos, parte del talud se observa que se ha deslizado, No tiene cobertura vegetal.	19	X: 707228,712 Y: 9808387,119
Talud 6:	Talud en el que se ha implementado medidas de reducción de riesgos pero a pesar de eso se evidencian pequeñas deslizamientos, posee poca cobertura vegetal.	19	X: 707241,772 Y: 9807994,9

Talud 7:	Talud con poca vegetación en el campo presencia de arbustos en la cumbre situados al lado derecho de la vía en sentido Norte Oeste.....	24.5	X: 710234.006 -- Y: 9812887.222 --
Talud 8:	Talud ubicado en una zona crónica por talud sin presencia de cobertura vegetal en el campo y en la cima del talud con la de vege- tación arbustiva.	25.5	X: 710122.157 -- Y: 9813732.568 --
Talud 9:	Talud ubicado al lado izquierdo de la vía con se observa cobertura vegetal en la cima con la presencia de cultivo de maíz.....	28	X: 709997.803 -- Y: 9812882.649 --

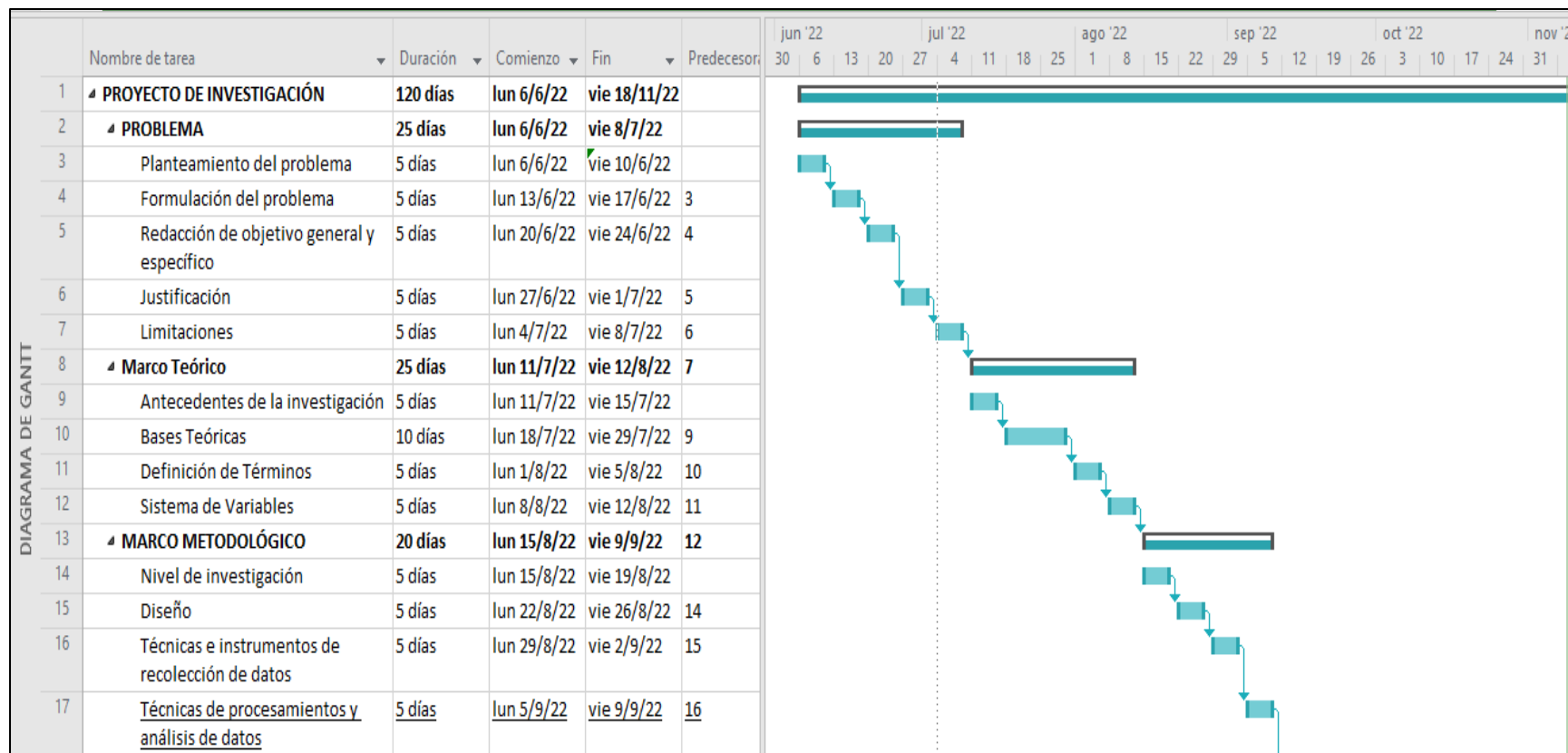
4. OTRAS CONSIDERACIONES	

5. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	
F: 	F: 
CC: 020202622-5	CC: -----
OBSERVADOR 1	OBSERVADOR 2

7.4 Anexo N° 4. Presupuesto de actividades desarrolladas en la investigación.

PRESUPUESTO GENERAL POR ACTIVIDADES DESARROLLADAS			
N°.	Actividad realizada	Contribución por estudiante	Total (USD)
1	Observación de campo realizada en el trayecto de la vía Chimbo – El Torneado.	\$ 7,50	\$ 15,00
2	Impresión fichas técnicas de observación.	\$ 0,25	\$ 0,50
3	Suministros y materiales de oficina.	\$ 2,50	\$ 5,00
4	Recolección de muestras de suelo para análisis.	\$ 5,00	\$ 10,00
5	Material para recolección de muestra de suelo (funda ziploc).	\$ 0,75	\$ 1,50
6	Transporte al área de estudio.	\$ 10,00	\$ 20,00
7	Viáticos por salida de campo.	\$ 4,50	\$ 9,00
TOTAL		\$ 30,50	\$ 61,00

7.5 Anexo N° 5. Cronograma de actividades del trabajo de titulación.



18	RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	30 días	lun 12/9/22	vie 21/10/22	17	
19	Resultados según el objetivo 1	10 días	lun 12/9/22	vie 23/9/22		
20	Resultados según el objetivo 2	10 días	lun 26/9/22	vie 7/10/22	19	
21	Resultados según el objetivo 3	10 días	lun 10/10/22	vie 21/10/22	20	
22	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	10 días	lun 24/10/22	vie 4/11/22	21	
23	Conclusiones	3 días	lun 24/10/22	mié 26/10/22		
24	Recomendaciones	2 días	jue 27/10/22	vie 28/10/22	23	
25	Bibliografía	2 días	lun 31/10/22	mar 1/11/22	24	
26	Anexos	3 días	mié 2/11/22	vie 4/11/22	25	
27	PRESENTACIÓN Y REVISIÓN	10 días	lun 7/11/22	vie 18/11/22		
28	Presentación del borrador	10 días	lun 7/11/22	vie 18/11/22		