UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICUALR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHILLANES, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024"

AUTORAS:

QUINATOA SALTOS DORA PIEDAD

SISA PASTO TANYA TATIANA

DIRECTOR:

ING. LUIS HERNÁN VILLACIS TACO

GUARANDA – ECUADOR

2024

TEMA

"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHILLANES"

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme guiado y protegido en esta meta muy importante de mi vida.

También agradecer a mis padres por apoyarme desde el principio y confiar en mí, han sido una luz que me han guiado a lo largo de este camino académico. Cada éxito alcanzado también son logros suyos.

Agradeciendo de igual manera a todas las personas que estuvieron para mí en esta etapa, dándome aliento, ánimos y esencialmente la fuerza para continuar con mis estudios, todos y cada uno de ustedes que han sido una parte fundamental para lograrlo.

Por último, quiero agradecer al Ing. Luis Villacis, docente tutor del proyecto de investigación que nos brindó por sus sabios consejos y conocimientos.

Tanya Tatiana Sisa Pasto

Quiero agradecer primeramente a Dios por ser mi fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme en este camino académico y por haberme permitido cumplir esta meta en mi vida.

Con mucho amor agradezco este logro a mis padres por su infinito apoyo y sacrificio que me han brindado, ya que han sido mi motor para seguir adelante. Pues cada éxito que alcanzo es gracias a ellos, este logro lleva su nombre y dedicación que han depositado en mí.

Finalmente quiero agradecer al ing. Luis Villacis tutor del proyecto de investigación quien con sus conocimientos y paciencia supo guiarnos de la mejor manera posible durante todo este proceso.

Dora Piedad Quinatoa Saltos

DEDICATORIA

A Dios, porque me lleva de su mano en cada momento, por regalarme la fuerza y la sabiduría y sostenerme cuando más lo necesité, que gracias a su amor es que hoy puedo concluir mi carrera con sus bendiciones necesarias lo que me llena de aprendizaje y experiencias.

A mis padres Luz Pasto y Angel Sisa, por su amor incondicional que me lo demuestran día a día y el apoyo económico que me brindan, por sus palabras de aliento, sus sabios consejos y sus sacrificios que han sido un motor fundamental para seguir a adelante, los amo mucho.

A mis hermanos Jenny, Jeyson y Evelyn, les dedico a ustedes este trabajo con cariño y gratitud por estar siempre conmigo y darme ánimos para seguir adelante y cumplir cada etapa que me he propuesto en mi vida.

A Dora Quinatoa, compañera de tesis y amiga no tengo palabras de agradecimiento por su amistad y apoyo en este largo camino, gracias por esa amistad excepcional, por su innumerable esfuerzo, nuestros días de trabajo, momentos de risas que compartimos y gracias por estar conmigo en los momentos buenos y malos.

Tanya Taiana Sisa Pasto

A Dios, creador de todas las cosas por darme fuerzas para poder continuar, por haberme brindado sabiduría y perseverancia en este transcurro académico, por haberme brindado consuelo en los momentos más difíciles y nunca dejarme caer.

A mis padres, que han sido mi mayor apoyo incondicional. Especialmente a mi madre Narcisa Saltos que ha sido un pilar fundamental en mi vida, por ser mi motivación e inspiración por creer en mí todos los días, ya que con su apoyo infinito y confianza que me ha brindado he podido concluir con un logro más en mi vida y por nunca haberme dejado sola, por ser mi fuente inagotable de amor.

A mis hermanos por creer en mí y apoyarme en todo este camino académico y por su infinito amor que me brindaron en esta etapa de mi vida.

A mi amiga y compañera Tanya Sisa, que siempre ha estado conmigo en los momentos buenos y malos, por ser aquella amiga incondicional que no me dejo sola, por ser aquella amistad que desde que llego a mi vida a sido como un curita para mi corazón.

Dora Piedad Quinatoa Saltos

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,** docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que la Srta. **QUINATOA SALTOS DORA PIEDAD** portadora de la cédula **0202031019** y la Srta. **SISA PASTO TANYA TATIANA**, portadora de la cédula **0250107208**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres**, modalidad presencial, una vez revisado el documento **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO EN EL CERRO CUCHICAHUA, PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHILLANES, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024"**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda,11 de abril del 2025.

Atentamente,

Ing. Luis Villacis Taco

Tutor del proyecto de investigación.

DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA

UEB | UNIVERSIDAD ESTATAL DEBOLIVAR

BIBLIOTECA GENERAL

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, **Quinatoa Saltos Dora Piedad** portadora de la cédula de identidad N° **020203101-9** y **Sisa Pasto Tanya Tatiana** portadora de la cédula de identidad N° **025010720-8**, en calidad de autoras y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHILLANES**, modalidad - Proyecto de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

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

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

.....
Dora Piedad Quinatoa Saltos

.....
Tanya Tatiana Sisa Pasto

Dirección: Av. Ernesto Che Guevara y Gabriel Secaira
Guaranda-Ecuador
Teléfono: (593) 3220 6059
www.ueb.edu.ec

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

Guaranda, 12 de febrero de 2025.

El suscrito Ingeniero Luis Villacis Taco MsC., Director del 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: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES ANTE LA AMENAZA DE DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA PARROQUIA CENTRAL DEL CANTÓN CHILLANES PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024."; realizado por las señoritas: **Dora Piedad Quinatoa Saltos y Tanya Tatiana Sisa Pasto** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

ING. LUIS VILLACIS TACO.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO III

DEDICATORIA IV

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO VI

DERECHOS DE AUTORÍA NOTARIZADA VII

ÍNDICE DE CONTENIDO IX

ÍNDICE DE TABLAS XI

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES XII

INDICE DE ANEXOS XIV

INTRODUCCIÓN XV

RESUMEN XVI

ABSTRACT XVII

CAPÍTULO I. 1

FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 1

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Formulación del Problema 2

1.3. Justificación 3

1.4. Objetivos: General y Específicos 5

1.4.1. Objetivo General 5

1.4.2. Objetivos específicos 5

1.4. Variables (Operacionalización) 6

CAPÍTULO II. 8

MARCO TEÓRICO 8

2.1. Referencial o Georreferencial 8

2.2. Antecedentes (académicos y artículos de investigación)..... 9

2.3. Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación)..... 15

2.4. Marco Legal..... 26

2.5. Conceptual (glosario de términos)..... 28

CAPITULO III..... 32

METODOLOGÍA..... 32

3.1. Tipo de Investigación..... 32

3.2. Enfoque de la investigación..... 32

3.3. Diseño de investigación..... 33

3.4. Métodos de Investigación..... 34

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos..... 35

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información..... 36

CAPITULO IV. 42

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados..... 42

CAPITULO V..... 75

5.1. CONCLUSIONES..... 75

5.2. RECOMENDACIONES..... 77

BIBLIOGRAFÍA 78

ANEXOS 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variable independiente..... 6

Tabla 2: Variable dependiente..... 7

Tabla 3: Verificación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1..... 53

Tabla 4: Parámetros del suelo Perfil 1 (Franco arenoso) 53

Tabla 5: Verificación de Estabilidad de talud (BISHOP) Perfil 2..... 55

Tabla 6: Parámetros del suelo Perfil 2 (Franco arcilloso) 55

Tabla 7: Verificación de Estabilidad de Talud Perfil 3 57

Tabla 8: Parámetros de suelo Perfil 3 (Franco arcilloso) 57

Tabla 9: Verificación de estabilidad de talud (BISHOP) Perfil 4 59

Tabla 10: Parámetros de suelo Perfil 4 (Franco arcilloso) 59

Tabla 11: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 5..... 61

Tabla 12: Parámetros de suelo Perfil 5 (Franco arcilla arenosa)..... 61

Tabla 13: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 6..... 63

Tabla 14: Parámetros de suelo Perfil 6 (Franco arcilla arenosa)..... 63

Tabla 15: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 7..... 65

Tabla 16: Parámetros de suelo Perfil 7 (Franco arcilla arenosa)..... 65

Tabla 17: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 8..... 67

Tabla 18: Parámetros de suelo Perfil 8(Franco arcilla arenosa)..... 67

Tabla 19: Medidas de prevención y mitigación Perfiles estables..... 69

Tabla 20: Medidas de prevención y mitigación Perfiles inestables 73

ÍNDICE DE FIGURAS/GRÁFICAS/IMÁGENES

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del cerro Cuchicahua. 8

Figura 2: Deslizamiento rotacional 16

Figura 3: Deslizamiento traslacional 16

Figura 4: Superficie de falla 18

Figura 5: Modelo del equilibrio limite 22

Figura 6: Modelo de Fellenius 23

Figura 7: Modelo de Spencer 1967 24

Figura 8: Método Bishop 25

Figura 9: DEM Cerro Cuchicahua 42

Figura 10: Ortofoto Cerro Cuchicahua 43

Figura 11: Mapa Hillshade del cerro Cuchicahua 44

Figura 12: Mapa Pendiente del cerro Cuchicahua 46

Figura 13: Mapa tipo de suelo del cerro Cuchicahua 47

Figura 14: Mapa de vegetación del cerro Cuchicahua 48

Figura 15: Creación de perfiles Global Mapper 49

Figura 16: Perfil en AutoCAD 50

Figura 17: Identificación de Perfiles del cerro Cuchicahua 51

Figura 18: Perfil 1 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 52

Figura 19: Perfil 1 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 52

Figura 20: Perfil 2 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 54

Figura 21: Perfil 2 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 54

Figura 22: Perfil 3 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 56

Figura 23: Perfil 3 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 56

Figura 24: Perfil 4 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 58

Figura 25: Perfil 4 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 58

Figura 26: Perfil 5 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 60

Figura 27: Perfil 5 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 60

Figura 28: Perfil 6 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 62

Figura 29: Perfil 6 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 62

Figura 30: Perfil 7 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 64

Figura 31: Perfil 7 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 64

Figura 32: Perfil 8 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN" 66

Figura 33: Perfil 8 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA" 66

Figura 34: Perfiles estables e inestables 68

INDICE DE ANEXOS

Anexos 1: Salida a campo 83

Anexos 2: Inspección visual en el lugar de estudio 84

Anexos 3: Presencia de grietas 85

Anexos 4: Presencia de cultivos en el lugar de estudio 86

Anexos 5: Observación del suelo 87

Anexos 6: Taludes inestables 88

INTRODUCCIÓN

Se ha decidido realizar un estudio de análisis de estabilidad de taludes ante la amenaza de deslizamiento del cerro Cuchicahua cantón Chillanes. Este estudio constará con lo siguiente; en el Capítulo I, se hablará de la problemática existente de la población del cantón ante el posible deslizamiento del cerro Cuchicahua, ya que ha mostrado señales preocupantes de inestabilidad, evidenciadas por la aparición de deslizamientos en sus faldas, cabe mencionar que se plantearon los objetivos, del mismo modo, se realizó la justificación y la operacionalización de variables.

En el Capítulo II contiene el marco teórico esto abarca, la referencia o georreferencia del lugar de estudio, los antecedentes académicos y artículos de investigación de estudios realizados por diversos autores relacionados al tema de análisis de estabilidad de taludes, bases teóricas en la que fundamenta la investigación, marco legal y el marco conceptual que conlleva el glosario de términos.

En el Capítulo III explica la metodología, donde conlleva el tipo de investigación, en la cual, es de tipo descriptiva porque se va a describir y caracterizar la situación actual del cerro, el enfoque de la investigación es de origen mixta (cualitativa y cuantitativa), los método de investigación se trabajará con dos métodos deductivo y analítico, técnicas e instrumentos de recopilación de datos que se utilizará para la investigación y finalmente las técnicas de análisis y procesamientos de la información.

En el Capítulo IV se obtienen los resultados de la investigación mediante softwares como Agisoft para la unión de las fotografías áreas, ArcGIS para la realización de mapas, Global Mapper y AutoCAD para la creación de perfiles y por último GEO 5 para conocer su factor de seguridad e identificar perfiles estables o inestables.

En el Capítulo V se plantean conclusiones y recomendaciones del trabajo de la investigación y finalmente las bibliografías y anexos.

RESUMEN

Para llevar a cabo esta investigación se empezó con la caracterización del relieve y del suelo del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, esto se realizó mediante la generación de una ortofoto y un modelo digital de elevación, a partir de estos insumos se elaboraron mapas como el de pendientes, de vegetación y se trabajó con el mapa de tipo de suelo el cual ayudó a la identificación del suelo existente en el lugar de estudio, donde se mostró dos variedades como limo arenoso y arcillo arenoso. Con estos datos se determinó la inestabilidad de taludes en el lugar de estudio utilizando métodos numéricos y analíticos, mediante la utilización del software GEO 5 aplicando el método BISHOP para 8 perfiles seleccionados, donde se encontró seis pendientes estables y dos pendientes con inestabilidad, cabe mencionar que para el análisis del factor de seguridad el límite permitido es de 1,50. Finalmente se recomendó medidas de prevención y mitigación tanto para las zonas estables e inestables además, diferenciando las medidas estructurales como anclajes y muros de contención para las zonas donde se está materializando el deslizamiento y no estructurales como capacitaciones, simulacros entre otros.

Palabras clave: *Inestabilidad, GEO 5, factor de seguridad, prevención, mitigación, talud.*

ABSTRACT

To carry out this research, the process began with the main points of the relief and soil of the Cuchicahua hill in the canton of Chillanes. This was achieved by generating an orthophoto and a digital elevation model. Using these inputs, maps such as slope and vegetation maps were created, and the soil type map was utilized to identify the existing soil in the study area, which revealed two varieties: sandy silt and sandy clay. With this data, the slope instability in the study area was determined using numerical and analytical methods, employing the GEO 5 software and applying the BISHOP method for 8 selected profiles. The analysis identified six stable slopes and two unstable slopes. It is worth noting that for the safety factor analysis, the permissible limit is 1.50. Finally, prevention and mitigation measures were recommended for both stable and unstable zones, differentiating between structural measures such as anchors and retaining walls for areas where landslides are occurring, and non-structural measures such as training, drills, and others.

Main words: *Instability, GEO 5, safety factor, prevention, mitigation, slope.*

CAPÍTULO I.

FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1.Planteamiento del problema

Ecuador se considera un país de alto riesgo debido a que está expuesto a una serie de amenazas como: deslizamientos, inundaciones, sequías, tsunamis, erupciones volcánicas y sismos. Se encuentra ubicado en el denominado 'Cinturón de Fuego del Pacífico', rodeado por volcanes en su mayoría activos (Unicef, 2023).

Los deslizamientos son fenómenos naturales que pueden causar pérdidas materiales y vidas humanas.

Debido a la geomorfología que presenta el cantón Chillanes, se puede observar que está conformado por cerros de altura mediana con fuertes pendientes, las rocas se caracterizan por una acción mecánica común que, junto con otros factores como la deforestación, lluvias intensas y los sismos que forman la base de los deslizamientos de tierra.

El cerro Cuchicahua está ubicado en el cantón Chillanes de la provincia Bolívar, Ecuador, es una amenaza latente que puede generar consecuencias graves para la población del cantón.

Las lluvias ocurrentes en el sector provocaron que los suelos se saturaran, ocasionando la formación de grietas de diferentes dimensiones en el cerro, las cuales fueron confirmadas por los habitantes del sector causando mayor preocupación, además el cerro Cuchicahua ha venido dando preocupantes muestras de inestabilidad por la materialización de deslizamientos en las faldas que dan hacia la vía de ingreso al cantón. La falta de estudios sobre la inestabilidad de talud representa una brecha importante en la gestión del riesgo de desastres en el lugar de estudio. No existe un estudio completo y

actualizado sobre la estabilidad de los taludes en el Cerro Cuchicahua. También carece de información detallada sobre las propiedades geofísicas del terreno, como la composición del suelo, la densidad y la permeabilidad. La falta de estudios técnicos que confirmen o descarten la inestabilidad del Cerro Cuchicahua, representa una situación preocupante que exige una atención inmediata por parte de las autoridades locales, la población y los organismos competentes. Además, tiene implicaciones como la ausencia de información científica que genera incertidumbre sobre el estado real de los taludes del cerro, lo que eleva el riesgo potencial para la población, ya que, sin un diagnóstico claro, las autoridades locales carecen de bases sólidas para tomar decisiones acertadas sobre la gestión del riesgo de desastres en la zona.

1.2.Formulación del Problema

¿Cómo influye el análisis de estabilidad de taludes para las medidas de reducción del riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua?

1.3.Justificación

El análisis de la estabilidad del talud del cerro Cuchicahua es muy importante ya que ayudará a salvaguardar la vida y el bienestar de los habitantes de Chillanes. Los deslizamientos representan una amenaza potencial para Chillanes y pueden causar pérdidas materiales e incluso humanas. Al determinar la inestabilidad de los taludes identificados se pueden implementar medidas efectivas de mitigación y prevención para reducir significativamente los riesgos de desastres. Esto no se limita a la evaluación técnica del cerro, sino que también puede contribuir a la cultura de riesgos de desastres. El análisis de estabilidad de taludes será necesario ya que contribuirá de una manera muy efectiva, se podrá dar a conocer lo taludes estables e inestables, para poder tomar medidas reducción del riesgo de deslizamiento garantizando la seguridad de la población. Los principales beneficiarios será la población local y autoridades. La población local se beneficiará ya que se recomendará medidas de mitigación y prevención permitiendo una mayor seguridad y reduciendo la probabilidad de daños a las viviendas, creando un entorno seguro para las generaciones presentes y futuras. Las autoridades tendrán estudios e información específicas que eliminen la incertidumbre de la población ante el posible deslizamiento del cerro Cuchicahua el cual les permitirá gestionar una mejor planificación en gestión de riesgos. Mediante la caracterización del relieve se utilizará el dron para la obtención de fotos aéreas, ayudará a la creación de ortofoto y el Dem para agregar en el software ArcGIS, se obtendrá imágenes de alta resolución del cerro, ya que esto permitirá ver la forma del lugar de estudio y a su vez la pendiente, hillshade, vegetación y el tipo de suelo utilizado. El análisis de la estabilidad de las laderas del Cerro Cuchicahua se considera una medida viable, necesaria y urgente para la reducción del riesgo de deslizamientos, con múltiples beneficios para la población local. Invertir en este análisis es una oportunidad para crear un futuro más seguro. La comunidad está interesada

en el análisis de estabilidad de taludes debido a los múltiples beneficios que puede aportar en términos de prevención y mitigación. Al comprender los mecanismos de deslizamientos y las posibles medidas de mitigación, la parroquia central puede tomar decisiones que les permita participar activamente en la reducción del riesgo de desastres. Esto significa una mayor resiliencia social y una mejor preparación para hacer frente al posible deslizamiento del cerro Cuchicahua.

1.4. Objetivos: General y Específicos

1.4.1. Objetivo General

Analizar la estabilidad de taludes como medida de reducción del riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el relieve y el suelo del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes.
- Determinar la inestabilidad de taludes en el cerro Cuchicahua utilizando métodos numéricos y analíticos.
- Recomendar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento en el cerro Cuchicahua.

1.4.Variables (Operacionalización)

Variable independiente: Estabilidad de taludes

Tabla 1: Variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Técnicas e instrumentos
Estabilidad de taludes	En el estudio de la estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de ruptura de masas de suelo. El "agente" externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa: el peso y eventualmente los defectos de filtración a los que se debe añadirse, generalmente como factor secundario, posibles cargas externas (Ágreda, 2005).	Análisis de la estabilidad de taludes mediante el software Geo 5 geotécnico del terreno y estima el factor de seguridad de las laderas.	Factores de estabilidad	Factor de seguridad	>1.50 estable =1.50 indiferente <1.50 inestable	Agisoft Global Mapper AutoCAD Geo 5
				Pendiente	Grados	
				Ángulo de fricción	Grados	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Variable dependiente: Medidas de reducción del riesgo de deslizamiento

Tabla 2: Variable dependiente

Variable	**Definición conceptual**	**Definición operacional**	**Dimensión**	**Indicador**	**Escala**	**Técnicas e instrumentos**
Medidas de reducción del riesgo de deslizamiento	El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos (UNISDR, 2009)	Sistema de medidas de mitigación y prevención para el control de taludes las mismas que serán de beneficio para la población.	Medidas de mitigación y prevención	Estructurales y no estructurales	Nominal	Visitas de campo
			Características del relieve.	(Pendiente, vegetación, hillshade y tipo de suelo).	Área	ARCGIS

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

CAPÍTULO II.

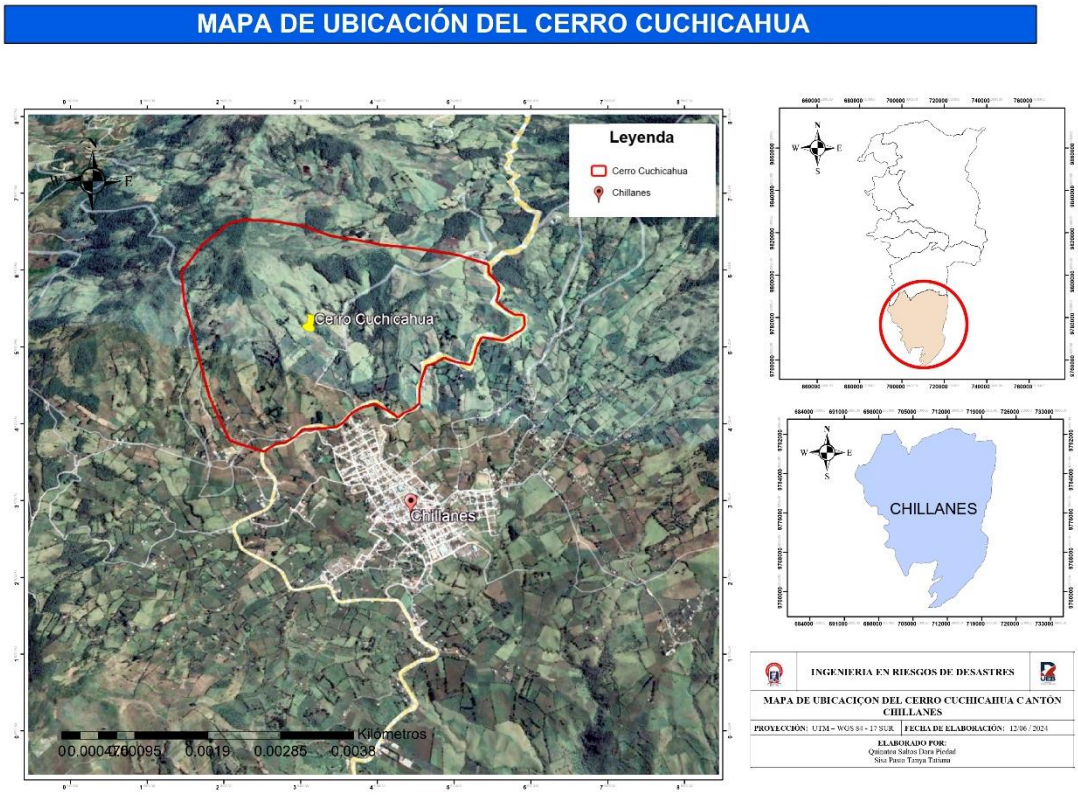
MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georreferencial

El cantón Chillanes está ubicado en la provincia de Bolívar, Ecuador. Limita al norte con el cantón San Miguel. Al sur con el cantón General Elizalde (Bucay) provincia del Guayas, al Oeste Cantón Babahoyo Provincia de Los Ríos y al este el Cantón Pallatanga Provincia de Chimborazo (Chillanes, 2024).

El cerro Cuchicahua se encuentra ubicado en el cantón Chillanes en la cabecera cantonal, cerca del recinto de Sixipamba, como de Urco Coral, con una latitud -1,9287° o 1° 55' 43" sur y longitud -79,0812° o 79° 4' 52" oeste y es de tipo pico.

Figura 1: Mapa de ubicación del cerro Cuchicahua.



Elaborado: Quinatoa D, Sisa T

2.2. Antecedentes (académicos y artículos de investigación)

Para desarrollar este estudio se consideran estudios similares de acuerdo al tema de nuestra investigación, los cuales se detallan a continuación:

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

Este estudio hace una contribución importante al análisis de la estabilidad de taludes, ya que particularmente en relación con la evaluación del riesgo de deslizamientos en el cerro Cuchicahua del cantón Chillanes. El enfoque de los autores integra el radar interferométrico de apertura sintética (INSAR), el análisis morfométrico y el índice de estabilidad de Mohr-Coulomb para proporcionar un enfoque integral para identificar y evaluar áreas susceptibles al movimiento de masas.

(Villacís, 2021) en su investigación manifiesta que en el **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE UNA EXTENSIÓN DE 260 METROS EN LA VÍA PAPALLACTA BAEZA, SECTOR CUYUJA.** El talud de estudio se encuentra localizado en la vía Papallacta-Baeza sector Cuyuja, perteneciente al cantón Quijos, provincia de Napo, esta zona corresponde a una arteria vehicular muy importante de intercambio entre la Sierra y la Amazonía ecuatoriana.

Geológicamente la zona de estudio se encuentra ubicada en el terreno Salado que es parte de la Cordillera Real.

Los sondeos SPT y los ensayos de laboratorio permitieron la caracterización física y mecánica de los diferentes tipos de suelo que se encuentran dentro del talud de estudio.

Dentro de la clasificación de SUCS se diferenció (CL) caracterizado por la arcilla limo arenosa inorgánica de baja plasticidad y (SM) caracterizado por arena limosa con grava, internamente el talud está compuesto por un esquisto micáceo.

El modelamiento del FS se lo realizó en el programa GEO5, tomando como referencia el método de Bishop simplificado, el mínimo FS que debe cumplir el talud en este estudio es de 1,5 para ser considerado como un talud estable. En las condiciones en las que se realizó el muestreo (temporal de lluvias elevado), la zona norte del talud que corresponde a los perfiles 1,2,3 se encuentra en un estado inminente de falla, ya que los FS en esta zona son menores a 1.

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

El estudio de (Villacís, 2021) tiene una valiosa aportación al análisis de la estabilidad de taludes en zonas de montaña propensas a deslizamientos. El estudio proporciona un análisis detallado de un caso específico, identifica áreas de riesgo y sugiere medidas de mitigación efectivas. Los métodos y resultados de la investigación se pueden replicar en otros escenarios similares, lo que permitirá la evaluación y gestión proactiva de los riesgos de deslizamientos de tierra en áreas sensibles.

(Villacis, Ramírez, Meléndez, & Toalombo, 2023) en el artículo denominado **APLICACIÓN DE GEOMÁTICA Y ANÁLISIS DE SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁREAS INESTABLES EN EL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA BOLÍVAR,** mencionan que el cerro Cuchicahua, en el cantón Chillanes ha venido dando preocupantes muestras de inestabilidad, tanto por la materialización de deslizamientos hacia la vía principal cuanto por la presencia de cárcavas o grietas que de acuerdo a la población han venido aumentando en cantidad y tamaño.

Por esta razón se realizó un estudio de determinación de zonas inestables con base en la morfología del cerro y el tipo de suelo que presenta, para lo cual se utilizó un modelo digital de elevación y el análisis de laboratorio donde se identificó la composición y textura del suelo de varias muestras tomadas en zonas consideradas críticas.

Mediante el uso de la geomática a través del modelo SHALSTAB que trabaja bajo la aplicación de la ley de Mohr-Coulomb se ingresaron los datos del DEM de la zona geográfica en la que se encuentra el cerro, así como el ángulo de fricción y densidad del

suelo los cuales fueron obtenidos del análisis de la textura del suelo en laboratorio. Al ser procesados estos datos se pudo determinar que gran parte del cerro presenta una inestabilidad crónica, convirtiéndose en un riesgo potencial para la población, ya que, en caso de materializarse un deslizamiento de grandes magnitudes, las afectaciones se verían hasta el centro del área consolidada de la población de Chillanes.

El artículo de (Villacis, Ramírez, Meléndez, & Toalombo, 2023) contribuye a la comprensión y gestión de los peligros de deslizamientos en el cerro Cuchicahua. La integración de geo informática, análisis de suelos y modelos de estabilidad de pendientes proporciona un método para identificar y evaluar áreas de inestabilidad que ayuden a formar estrategias de reducción de riesgos y proteger a las comunidades de los peligros de deslizamientos.

(Jazmín, 2021) en su tesis **EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES EN LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA FORESTAL Y EL COLEGIO LUDOTECA, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA,** indica que **v**arios movimientos en masa se han suscitado en el transcurso de los años en la avenida Simón Bolívar teniendo como consecuencia pérdidas humanas, económicas y de infraestructura, cuestionando la estabilidad de los taludes cercanos a la vía. Por lo cual este documento presenta un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que zonifica tres áreas (S1, S2 y S3) de alto de riesgo. Esto mediante el método de evaluación espacial multicriterio con la aplicación de la matriz Saaty, que toma en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes para crear mapas base. Estos mapas son reclasificados para la ponderación de pesos en el programa ArcGIS Pro. Así también expone el análisis de estabilidad para el talud T1 que pertenece a la zona S2. Este refleja inestabilidad ya que se encuentra por debajo del factor de seguridad establecido por la NEC. El análisis se

realiza mediante los programas Slide V6 y Phase 2 por el método de equilibrio límite y tenso deformacional. Para los cuales son necesarias las propiedades físico mecánicas de los materiales de T1, recabados mediante investigación bibliográfica, ensayos de campo y de laboratorio. Los ensayos con penetrómetro de bolsillo y veleta son in-situ, mientras que en laboratorio se realizaron ensayos de compresión simple y compresión triaxial permitiendo la caracterización de los materiales. Finalmente, para T1 se proponen cuatro obras de mitigación (saneo, colocación de geomalla, hidrosiembra y construcción de cunetas de coronación) y la auscultación del talud mediante monitoreo geodésico.

La tesis de (Jazmín, 2021) contribuye a la comprensión y gestión de los peligros de estabilidad de taludes en áreas urbanas y montañosas. El análisis integral, la identificación de zonas críticas y las medidas de mitigación propuestas proporcionan información valiosa para prevenir deslizamientos y garantizar la seguridad de las comunidades. Si bien la tesis se centra en una ubicación específica en Quito, su metodología y hallazgos pueden adaptarse al análisis de estabilidad del cerro Cuchicahua considerando las condiciones geotécnicas locales, la geometría de la pendiente y los factores hidrológicos. La identificación de zonas críticas y las medidas de mitigación propuestas pueden adaptarse a las características específicas del cerro Cuchicahua, contribuyendo a una gestión eficaz del riesgo de deslizamientos en esta área.

(Carrasco & Tacuri, 2022) mencionan en su tesis que el **ESTUDIO DE LOS FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN EL DESLIZAMIENTO DEL CERRO CUCHICAHUA DEL CANTÓN CHILLANES, PROVINCIA BOLÍVAR.** El presente trabajo de titulación que se denomina Estudio de los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, provincia Bolívar, se realizó utilizando las metodologías cualitativas, cuantitativas, descriptiva,

transversal, no experimental y de campo en el cual tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo que influyen en el deslizamiento del cerro Cuchicahua.

Así mismo, se aplicó la metodología en función de la ley Mohr-Coulomb, que se desarrolla mediante el modelo de SHALSTAB, el cual está enfocado en análisis de taludes, para ello, se realizaron tres extracciones de muestras de suelo del cerro Cuchicahua, los cuales permitieron determinar la textura y la densidad real del suelo a través del uso del laboratorio de investigación de la Universidad Estatal de Bolívar, los resultados demuestran que el riesgo de deslizamiento del cerro Cuchicahua es de inestabilidad crónica convirtiéndole en un riesgo potencial para la población que en caso de materializarse dicho deslizamiento de grandes magnitudes afectaría al centro cantonal.

Posteriormente para caracterizar los elementos expuestos se aplicó fichas de campo y encuestas que fueron aplicados a los tres sectores censales de la parte alta del casco urbano del cantón de acuerdo a la cartografía del INEC 2010, siendo un total de 1317 habitantes. Finalmente, se planteó medidas estructurales y no estructurales de prevención y mitigación, con fin de fortalecer la capacidad de respuesta de la población ante el riesgo de deslizamiento.

Esta tesis contribuye al estudio de la estabilidad de taludes y la gestión del riesgo de deslizamientos en el cerro Cuchicahua. La identificación de factores de riesgo, la aplicación de metodologías de análisis reconocidas, la evaluación del riesgo de deslizamiento y la propuesta de medidas de mitigación proporcionan información crucial para las autoridades locales y las comunidades para tomar decisiones informadas y reducir el riesgo de desastres por deslizamientos.

2.3. Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación)

BASES TEÓRICAS

Tipo de suelo

Los suelos del Cantón Chillanes son de estructura diversa y han dado origen a una variedad de estos. La composición física - química y textura está caracterizada por los factores climáticos y por el relieve (PDyOT_Chillanes, 2020).

Debido a la distribución territorial y condiciones topográficas, fisiográficas y morfológicas.

Los suelos del cantón se clasifican de la siguiente manera:

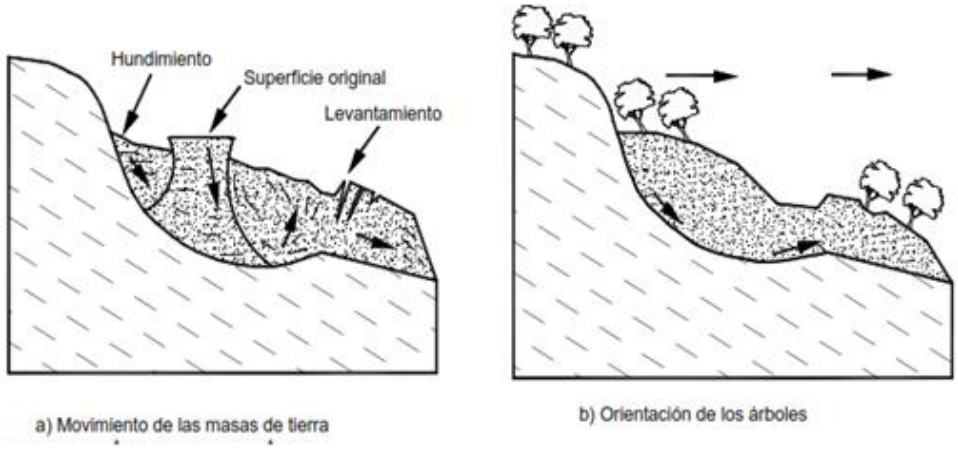
- **Suelos de textura franca:** Suelos amarillos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arcillosos:** Son suelos rojos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arcillo-arenosos:** Suelos rojizos, profundos a moderadamente profundos.
- **Suelos arenosos y pedregosos:** Están localizados principalmente en pequeñas terrazas aledañas a los cauces de los ríos Chimbo y Sicoto.

Deslizamiento es el movimiento de ladera debajo de masas de suelo o roca a través de superficies de cizalle definidas. Este movimiento no ocurre a lo largo de toda la superficie de ruptura simultáneamente, sino más bien comienza en zonas donde se generan fallas locales, a menudo evidenciadas por grietas de tensión en la superficie original a lo largo de la cual se formará el escarpe principal del deslizamiento. Los deslizamientos se pueden clasificar en rotacional y traslacional (Carrasco & Tacuri, 2022).

Deslizamiento rotacional es un tipo de desplazamiento en masa a lo largo de una superficie de falla que es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional sobre un eje que es paralelo a la superficie del suelo y transversal al deslizamiento. Posee una serie de

agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento. El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento, lo cual genera, comúnmente, flujos de materiales por debajo del pie del deslizamiento (Carrera & Carlosama, 2017).

Figura 2: Deslizamiento rotacional

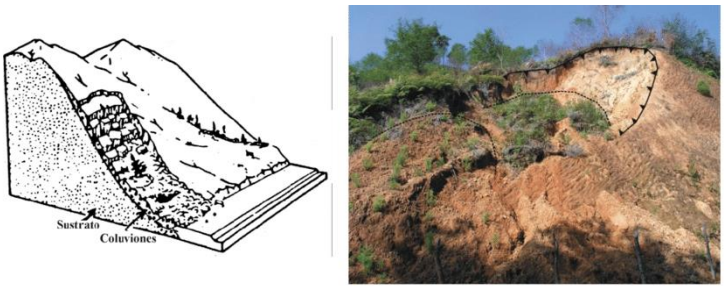


Nota: 1 Procesos de remoción de masa, tipo de deslizamiento

Deslizamiento traslacional:

Este tipo de deslizamiento la masa de terreno se desplaza hacia afuera y abajo a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada con pequeños movimientos de rotación los deslizamientos traslacionales están controlados por las fracturas de las rocas y la resistencia de los materiales cuando este tipo de deslizamiento ocurre en rocas es muy lenta en suelos acelera con la lluvia y puede ser muy rápido (Isabel, 2016).

Figura 3: Deslizamiento traslacional



Nota: 2 Clasificación e identificación de deslizamientos

Consecuencias de un deslizamiento.

Efectos directos

Todo lo que se encuentre sobre o en el peso del pensamiento sufrirá grave daño o destrucción total. Además, se puede afectar las líneas de comunicación o bloquear los caminos.

Las vías fluviales se bloquean y crean el riesgo de inundación las víctimas no suelen ser muchas, excepto en el caso de movimientos masivos, debido a la amenaza más grave tales como terremotos o volcanes.

Efectos indirectos

Pérdida de la productividad agrícola, forestal e industrial por daños a la tierra. Reducción del valor de la propiedad en zonas de alto riesgo y pérdidas de ingreso tributarios a causa de esta devaluación.

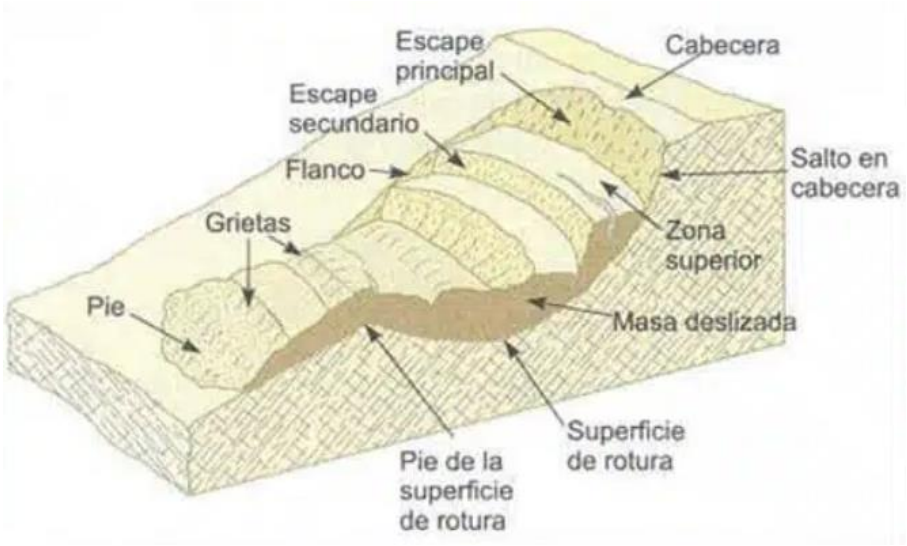
Efectos adversos en la calidad del agua de los rayos e instalaciones de riego.

Efectos físicos secundarios tales como inundaciones. Pérdida de infraestructura o interrupción de sistemas de transporte.

Pérdida de productividad humana o causa de muertes, heridas o traumas psicológicos. Costo de medidas para prevenir o mitigar un deslizamiento potencial (Montilla, 2016).

Elementos de un deslizamiento

Figura 4: Superficie de falla



Nota: 3 Elementos de un deslizamiento

Escarpe Principal: Superficie empinada en la parte más alta del talud, causado por el deslizamiento.

Escarpe Menor: Escarpes producidos por movimientos diferenciales dentro de la masa desplazada.

Cabeza: Región superior a lo largo del contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

Cuerpo: Material desplazado del deslizamiento de tierra que recubre la superficie de ruptura entre el escarpe primario y el pie de la superficie de ruptura.

Pie: Parte que se encuentra en pendiente ascendente desde la punta de la superficie de ruptura.

Corona: Material prácticamente no desplazado junto a la parte más alta del escarpe principal.

Flancos: Material adyacente desplazado a los lados de la superficie de ruptura izquierda y derecha (Carita, 2018).

Talud

Son las obras, normalmente de tierra, que se construyen a ambos lados de la vía (tanto en excavaciones con un terraplén) con una inclinación tal que garanticen la estabilidad de la obra cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación térrea natural, en tanto que los taludes artificiales son los inclinados de los terraplenes (J & Hudiel, 2008).

Superficie de falla de taludes

Las superficies de falla o de ruptura son características que distinguen a los deslizamientos de otros movimientos de suelo como, por ejemplo, la erosión. Esta superficie se reconoce debido a que divide el talud entre los materiales de suelo que pueden deslizarse y el suelo que no se mueve al ocurrir el deslizamiento (Carita, 2018).

Estabilidad de taludes

En el estudio de la estabilidad de los taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. Los agentes externos responsables de la inestabilidad incluyen la fuerza de masa, el peso y posiblemente, los efectos de filtración, que se pueden agregar otros factores como las sobrecargas (estáticas/dinámicas) (Sanz, Martí, & Orrego, 2016).

Causas que afectan la estabilidad del talud.

Factores externos: Cambio geométrico descarga y carga de la ladera o talud terremotos erupciones volcánicas y vibraciones (Montilla, 2016).

Factores internos: Deslizamiento progresivo (cambios en estructuras y composición) meteorización, erosión por filtración y socavación, cambios en el nivel freático y en la vegetación, vibraciones por terremotos explosiones maquinarias, gráficos y truenos así mismo los cambios en el contenido de agua causados por copiosas precitaciones y subidas de los niveles del agua subterránea. (Nivel freático, dinámico), Remoción del apoyo lateral causado por erosión, falla previa de la ladera o talud, construcción, excavación, deforestación o pérdida de vegetación estabilizadora. El exceso de peso de lluvia granizo, nieve, acumulación de rocas sueltas o material volcánico, a acumulaciones de desechos, pesos de edificaciones y vegetación.

Desgaste y otras acciones físicas, químicas o biológicas pueden disminuir la resistencia de las rocas y del suelo con el tiempo, acciones humanas como la interrupción del curso de las aguas y cambio en el agua potable.

Nuevas construcciones en las cuales se usan métodos de desmonte y terraplén, que perjudican la estabilidad del talud (Montilla, 2016).

Factor de seguridad

El factor de seguridad se asume que es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla, por lo tanto, este valor representa un promedio de valor total en toda la superficie de falla.

Hay dos formas principales de entender el FS:

FS como una relación entre fuerzas, es decir, el cociente entre fuerzas resistentes y las fuerzas desestabilizadoras

FS = F. Resistentes / F. Desestabilizadoras

FS como una relación entre resistencias, es decir, entre la resistencia disponible del terreno y la realmente necesaria o movilizada (en términos de reducción de resistencia) (Angel, 2019).

Tipos de análisis de estabilidad de talud y deslizamientos: Modelo de deslizamiento en función de la ley de Mohr-Coulomb

Movimientos gravitacionales de ladera: Estabilidad de laderas

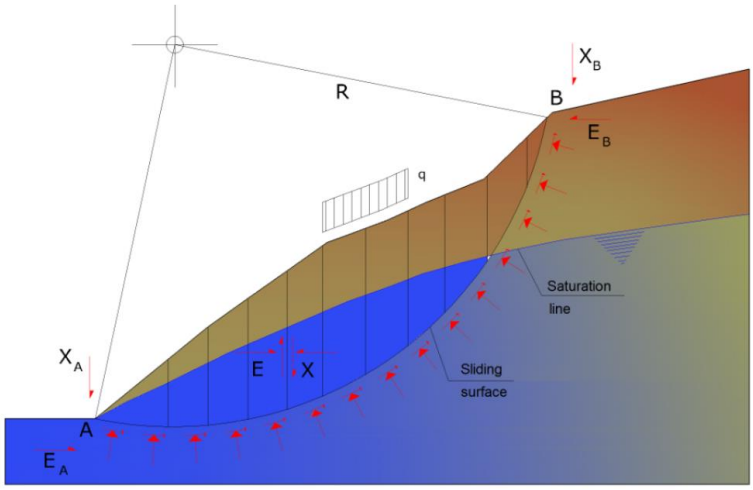
Los fenómenos torrenciales y gravitatorios que ocurren en la alta cuenca en ambientes de montaña constituyen fuentes de sedimentos de importancia para el desarrollo y evolución de los torrentes y cursos coluviales que representa el 90% de la totalidad de la red hidrográfica.

Como retículo coluvial se entiende aquella porción de la red hidrográfica que se desarrolla en la parte superior de la cuenca, caracterizada por incisiones más o menos evidentes en el substrato, causadas principalmente por la concentración del escurrimiento superficial (Carrasco & Tacuri, 2022).

Método del equilibrio límite (LEM)

El método del equilibrio límite consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τf), calculada según el criterio de rotura de Coulomb: De tal comparación deriva la primera indicación de estabilidad, con el coeficiente de seguridad: $F=\tau f / \tau$ (Catanzariti, 2016).

Figura 5: Modelo del equilibrio limite



Fuente: Métodos de estabilización de taludes

Método de Fellenius (1927)

Con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circulares) se pasan por alto las fuerzas entre las franjas, por lo tanto, las incógnitas se reducen a:

- n valores de las fuerzas normales N_i;
- n valores de las fuerzas de corte T_i;
- 1 factor de seguridad.

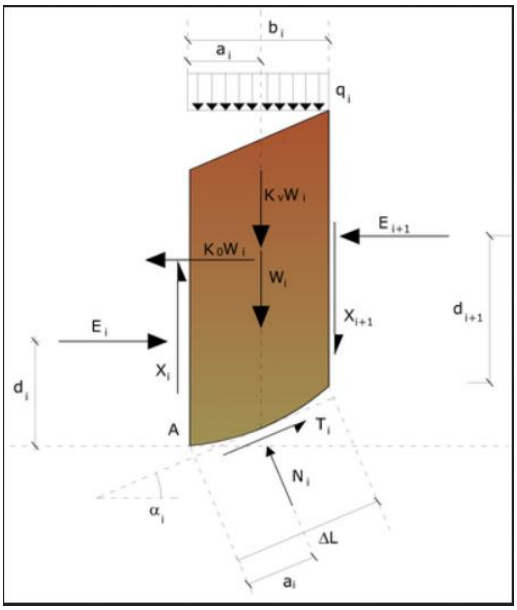
Incógnitas (2n+1). Las ecuaciones disponibles son:

- n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;
- n ecuaciones del criterio de rotura;
- ecuación de equilibrio de momentos global.

$$F=\{\Sigma_i[c_i \cdot l_i+(W_i \cdot \cos\alpha_i-u_i \cdot l_i) \cdot \tan\varphi_i\} / (\Sigma_i \cdot \sin\alpha_i)$$

Esta ecuación es fácil de resolver, pero se ha visto que da resultados conservadores (factores de seguridad bajos) especialmente para superficies profundas (Catanzariti, 2016).

Figura 6: Modelo de Fellenius



Fuente: Métodos de estabilización de taludes

Método de Spencer 1967

El método se basa en el supuesto de que:

1. Las fuerzas de conexión a lo largo de las superficies de división de cada rebanada están orientadas paralelamente entre sí e inclinadas con respecto a la horizontal de un ángulo θ;
2. Todos los momentos son nulos Mi =0 i=1….n

Básicamente el método satisface todas las ecuaciones de la estática y equivale al método de **Morgenstern y Price** cuando la función f(x) = 1. Imponiendo el equilibrio de momentos respecto al centro del arco descrito por la superficie de deslizamiento se tiene:

1) $\Sigma Q_i \cdot R \cdot \cos(\alpha-\theta) = 0$

Donde: $\mathbf{Q_i}$**=0** fuerza de interacción entre las rebanadas; **R** = radio del arco circular; **θ** = ángulo de inclinación de la fuerza Q_i respecto a la horizontal.

Imponiendo el equilibrio de las fuerzas horizontales y verticales se obtiene respectivamente:

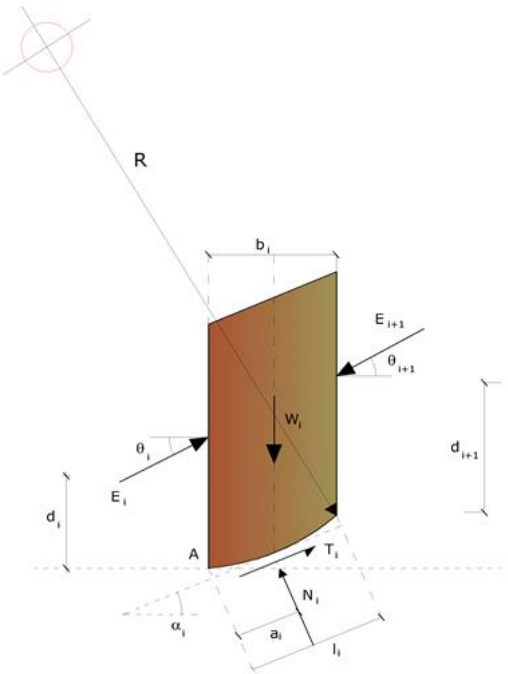
$\Sigma(Q_i \cdot \cos\theta) = 0$; $\Sigma(Q_i \cdot \text{sen}\theta) = 0$

Asumiendo las fuerzas Q_i paralelas entre sí, se puede también escribir:

2) $\Sigma Q_i = 0$ $\quad Q_i = \{c/F_s \cdot (W \cdot \cos\alpha - \gamma_w \cdot h \cdot l \cdot \sec\alpha) \cdot \tan\alpha / F_s - W \cdot \sin\alpha\} / \{\cos(\alpha - \theta) \cdot [(F_s + \tan\varphi \cdot \tan(\alpha - \theta)]/F_s\}$

El método propone el cálculo de dos coeficientes de seguridad: el primero (F_{sm}) se obtiene de 1), ligado al equilibrio de momentos; el segundo (F_{sf}) dalla 2) de 2) ligado al equilibrio de fuerzas. En práctica se procede resolviendo la 1) y la 2) para un intervalo dado de valores del ángulo θ, considerando como valor único del coeficiente de seguridad aquel para el cual se obtiene: $F_{sm} = F_{sf}$ (Catanzariti, 2016).

Figura 7: Modelo de Spencer 1967



Fuente: Métodos de estabilización de taludes

Método Bishop

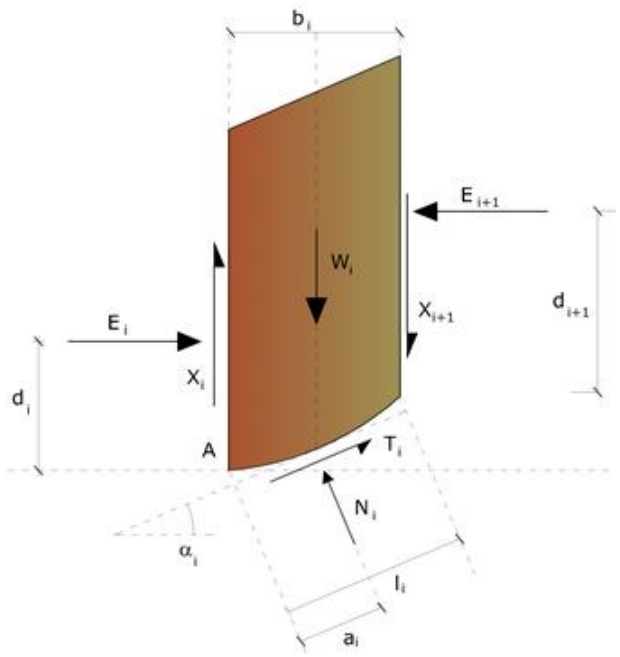
El método de simplificación Bishop, asume que no hay ninguna fuerza Xi entre bloques. El método se basa en satisfacer la ecuación del momento de equilibrio y la ecuación de equilibrio de fuerzas verticales.

El factor de seguridad SF se encuentra entre la iteración sucesiva de la siguiente formula (Geo5, 2015)

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \sin \alpha_i} \sum_i \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \sin \alpha_i}{FS}}$$

Donde:	u_i	-	**Presión de poros entre bloques**
	c_i, φ_i	-	**Valores efectivos de parámetros de suelos**
	W_i	-	**Peso del bloque**
	α_i	-	**Inclinación del segmento de la superficie de deslizamiento**
	l_i	-	**Longitud horizontal del bloque**

Figura 8: Método Bishop



Fuente: Métodos de estabilización de taludes

2.4. Marco Legal

El marco legal ecuatoriano cuenta con varios artículos relacionados con la gestión de riesgos en el territorio ecuatoriano, centrándose en la preparación y respuesta ante posibles eventos adversos derivados de amenazas naturales o antrópicas que enfrenta el territorio ecuatoriano, los más importantes son los lineamientos legales que tienen en cuenta al momento de desarrollar estudios.

Instrumentos Legales Nacionales

Constitución de la República del Ecuador

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 (Ecuador, 2008).

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 gestionan bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implica la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad (Ecuador, 2008).

2.1. Ley de Seguridad Pública y del Estado

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 (ESTADO, 2014).

CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL COOTAD

Art 140.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención reacción mitigación reconstrucción y transferencia para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionarán de manera concurrente Y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable de acuerdo con la Constitución y la ley (CODIGO ORGANICO ORGANIZACION TERRITORIAL, 2010).

2.5. Conceptual (glosario de términos)

Amenaza: Es un 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 (SNGR, 2018).

Deslizamiento: son movimientos ladera abajo 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 ocupará el escarpe principal (Alcántara Ayala, 2000).

Grietas: Son aberturas cuyo ancho es mayor a 1mm que afectan a la estructura de concreto en todo su espesor (Sotomayor, 2020).

Pendiente del terreno: La pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente (Trujillo, 2016).

Prevención: Se refiere a la aplicación de medidas para evitar que un evento se convierta en un desastre (UNICEF, 2006).

Talud: Son las obras, normalmente de tierra, que se construyen a ambos lados de la vía (tanto en excavaciones con un terraplén) con una inclinación tal que garanticen la estabilidad de la obra cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera (J & Hudiel, 2008).

Geo 5: Es un conjunto de software desarrollado para resolver tareas geotécnicas basado en métodos analíticos tradicionales y en el método de elementos finitos. Los diferentes programas cuentan con una misma interfaz de usuario y se comunican entre sí, donde como resultado cada uno de ellos verifica un tipo de estructura diferentes (Geo5, finesoftware, 2024)

Mitigación: Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso (Riesgos, 2018).

Gestión de riesgos de desastres: Es la aplicación de políticas y estrategias de reducción con el propósito de prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo con ello al fortalecimiento de la resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres (Riesgos, 2018).

Riesgos de desastres: Es la probable pérdida de vidas o daños ocurridos en una sociedad o comunidad en un período de tiempo específico, que está determinado por la amenaza, vulnerabilidad y capacidad de respuesta (Riesgos, 2018).

Resiliencia: Capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (Riesgos, 2018).

Factor de seguridad: Una definición del factor de seguridad contra la falla de un talud, es la del valor resultante de dividir la resistencia al corte disponible del suelo, a lo

largo de una superficie crítica de deslizamiento, por la resistencia a la corte requerida para mantener el equilibrio (Escobar & Duque, 2015)**.**

Pendiente: Un mapa de pendientes es una representación gráfica que ilustra las variaciones de pendiente de un terreno, utilizando colores o curvas de nivel para mostrar diferentes grados de inclinación (StudySmarter, 2024).

Hillshade: Responden a modelos digitales de terreno cuya función es la representación de sombras a lo largo de la geografía del territorio. Mediante los modelos digitales de elevación, y sus valores altitudinales podemos simular este tipo de modelos para mostrar la geografía por medio de sombras proyectadas sobre las laderas (Ferreras, 2021).

Vegetación: La vegetación es el grupo de los vegetales que existen en un cierto espacio geográfico. Puede tratarse de la flora propia del terreno (la vegetación autóctona) o de especies importadas (Pérez & Gardey, 2023).

Método Bishop: Este método se desarrolla mediante el equilibrio de momentos y equilibrio de fuerzas verticales de cada una de las franjas en que se divide la superficie de falla. Sin embargo, para las franjas individuales, ni los momentos ni los equilibrios de fuerzas horizontales son satisfechos (CarlosB, 2024).

Optimización: Es un proceso de optimización es ubicar la superficie de deslizamiento con el menor factor de estabilidad de talud SF posible. La superficie de deslizamiento circular se especifica en término de 3 puntos: Dos puntos en la superficie terrestre y uno en la dentro del cuerpo del suelo. Cada punto en la superficie tiene un grado de libertad, mientras que el punto interno tiene dos grados de libertad. La superficie de deslizamiento se define en términos de cuatro parámetros independientes. En busca de este conjunto de parámetros que rinde el más crítico de los resultados requiere un análisis sensible resultante de una matriz de cambio de parámetros que permite una rápida y fiable

optimización del proceso. La superficie de deslizamiento que dé como resultado el menor factor de estabilidad de talud, se toma como la superficie crítica. Los parámetros de superficies de deslizamientos individuales y los resultados de ejecución de optimización, se pueden mostrar en el documento de resultados (Geo5, finesoftware, 2024).

Búsqueda de grilla: El cálculo de la cuadrícula siempre se realiza en función de la superficie de deslizamiento de entrada actual, por lo tanto, recomendamos ejecutar primero la optimización de la superficie de deslizamiento circular (Geo5, finesoftware, 2024).

CAPITULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Descriptiva

Los estudios descriptivos pretenden especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden o recolectan datos y reportan información sobre diversos conceptos, variables, aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o problema a investigar (Sampieri & Torres, 2018).

Esta investigación se considera descriptiva porque su objetivo principal es describir y caracterizar la situación actual del talud del cerro, específico en relación con la amenaza de deslizamiento, en el cual será útil para mostrar con exactitud los ángulos o dimensiones de un fenómeno, contexto o situación, así mismo, se analizarán las relaciones entre variables identificadas.

3.2. Enfoque de la investigación

Mixta (Cualitativa y cuantitativa)

Los métodos mixtos o híbridos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos tanto cuantitativos como cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (denominadas meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. En la ruta mixta se utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias (Sampieri & Torres, 2018).

La investigación sigue un enfoque mixto ya que vamos a tratar de los enfoques tanto cualitativa y cuantitativa, permitiendo así en la parte cualitativa la identificación del tipo de deslizamiento que predominará en el lugar de estudio, de la misma manera se recomendarán medidas de prevención y mitigación. En la parte cuantitativa se empezará a visualizar el calculó del peso unitario, ángulo de fricción interna, factor de seguridad, cohesión del suelo y el peso de suelo saturado.

3.3. Diseño de investigación

No experimental

Es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron en su contexto natural sin la intervención directa del investigador (Sampieri & Torres, Metodología de la Investigación , 2018).

En este estudio se identificaron las variables de investigación, siendo la variable independiente la estabilidad de taludes y la variable dependiente medidas de reducción de riesgos de deslizamiento con el objetivo de comprender la interacción entre estas variables en la inestabilidad de taludes.

De campo

Se apoya en información del objeto de estudio o de los involucrados en él, a partir de indagación de campo como en la investigación (Miler, 2011).

Esta metodología de campo, se utilizará el GEO 5 para demostrar la inestabilidad del talud de la zona de estudio.

3.4. Métodos de Investigación

Método Deductivo

De lo general a lo particular. Se fundamenta en el razonamiento que permite formular juicios partiendo de argumentos generales para demostrar, comprender o explicar los aspectos particulares de la realidad (Gustavo, 2022).

En el método deductivo se realizará la caracterización del relieve y el tipo de suelo mediante la creación de mapas de pendiente, hillshade, vegetación y el tipo suelo utilizando el software ArcGIS.

Método Analítico

Es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos. Se basa en el supuesto de que el todo permite conocer y explicar las características de cada una de sus partes y de las relaciones que existen entre ellas (Gustavo, 2022).

Este método ayudará al análisis de estabilidad aplicando métodos numéricos, para determinar el factor de seguridad del talud y su riesgo de falla, recomendar medidas de mitigación y prevención ante el riesgo del deslizamiento.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

El trabajo de investigación se desarrollará utilizando los siguientes recursos:

Técnicas

Búsqueda de Información bibliográfica

- Información del terreno
- Mapeo de datos básicos
- Fotografías aéreas

Herramientas

- Dispositivos de medición (GPS)
- Dron
- Cámara

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Objetivo 1.- Caracterizar el relieve y el suelo del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes.

Se realizó una planificación de vuelo para la toma de fotografías aéreas en la cual se receptó una cierta cantidad de fotografías, para esto se utilizará la aplicación DroneDeploy lo que ayudará a la programación de las rutas de vuelo automatizadas, luego se procederá al software Agisoft para generar la ortofoto y el Dem. El primer paso para este proceso consiste en la introducción de las fotografías aéreas tomadas en el lugar de estudio, lo cual será llevado al software Agisoft, en esta herramienta se dirigirá al flujo de trabajo para ingresar las fotos aéreas que se obtendrá mediante el Dron de la misma manera se convertirán el sistema de coordenadas a WGS 84 / UTM zone 17S (EPSG::32717), luego de este procedimiento se orientaran las fotos con una precisión máxima finalmente se obtendrá el modelo digital (DEM).

Luego se procederá en ArcGIS a la elaboración de mapas como:

El primer mapa que se elaborará es el mapa Hillshade o mapa de sombras para este mapa se trabajará con un modelo digital de elevación o Dem del lugar de estudio puesto que cuanto más fino sean los pixeles se obtendrá mejor visualización, los parámetros de altitud ayudará a la posición del sol para así generar la incidencia solar sobre el terreno.

Mapa de pendiente para este mapa se utilizará el modelo digital o Dem del lugar de estudio, para esto se utilizará la extensión ArcToolbox, luego 3D Analyst o Spatial analyst, que generará un modelo de elevación a partir de las curvas de nivel, el cual será derivado en un ráster de pendiente (slope) de la misma manera se realizará una clasificación de 7 clases con los rangos 0-2; 2-5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-45; 45 >. Con este mapa se podrá observar la inclinación existente de la pendiente del lugar de estudio.

Mapa de tipo de suelo para este mapa se utilizará el shape de geo pedología y se creará un shape de área del lugar de estudio, los cuales se harán un clip para obtener el shape con el que se trabajará, del mismo modo se dirigirá a la tabla de atributos y se buscará el campo de sal desc ya que en este campo contiene los tipos de suelo para ver el tipo de suelo que se encuentra en el área.

Y finalmente el mapa de vegetación para la elaboración de este mapa se procederá a cargar la ortofoto obtenida del lugar de estudio, se identificará en la ortofoto las áreas que representan diferentes tipos de vegetación ya sea bosques, cultivos etc., seguidamente se procederá a la creación de shape en el cual se creará muestras estas muestras vendrán hacer los polígonos los cuales delimitarán las áreas de los diferentes tipos de vegetación existentes en el lugar de estudio.

Objetivo 2.- Determinar la inestabilidad de taludes en el cerro Cuchicahua utilizando métodos numéricos y analíticos.

Para este objetivo se tomó en cuenta el mapa de tipo de suelo que se obtuvo en el objetivo 1 y del mismo modo se utilizó el DEM del relieve. Los resultados obtenidos del levantamiento de información serán utilizados para la modelación de cada uno de nuestros perfiles que se encuentran ubicados en el cerro Cuchicahua del cantón Chillanes. El análisis de estabilidad de taludes, se realizó en tres etapas, la primera en el software Global Mapper, el segundo en AutoCAD y la tercera en GEO 5.

El primer paso del proceso consiste en la obtención y procesamiento de los datos topográficos mediante el software Global Mapper en este software se introdujo el Dem y ortofoto que se generó mediante las fotografías aéreas para la obtención de cada perfil de taludes. Esta herramienta permite trabajar con información geoespacial para generar modelos precisos del terreno, utilizando datos provenientes de fuentes como levantamientos topográficos, imágenes satelitales o modelos digitales de elevación (DEM). Durante esta etapa, se importan los datos al programa, donde se filtran y ajustan para eliminar inconsistencias o anomalías, asegurando la calidad de la información. Además, se delimitan las áreas de interés para facilitar el modelado de los perfiles específicos requeridos.

Una vez procesados los datos, se crean los contornos topográficos y se generan secciones transversales del terreno. Estas secciones permiten identificar características importantes como pendientes, desniveles y posibles puntos críticos. El resultado de este proceso es un modelo georreferenciado que servirá como base para las siguientes fases del análisis. Este modelo asegura la precisión y fiabilidad de los datos para los pasos posteriores.

Finalmente, se exportan los resultados en formatos compatibles para ser utilizados en las

siguientes herramientas de diseño. Esta exportación incluye archivos en formato CAD y otros necesarios para garantizar la continuidad del proyecto, minimizando errores y maximizando la interoperabilidad entre los diferentes programas empleados.

En la segunda fase, los datos procesados se importan a AutoCAD para el diseño detallado del perfil deseado. Este software se utiliza debido a su capacidad para crear representaciones precisas y ajustables del terreno y estructuras asociadas. En esta etapa, se elaboran los perfiles longitudinales y transversales del área, ajustándose a las especificaciones del proyecto.

Durante el diseño, se incluyen detalles técnicos esenciales, como la definición de puntos clave, cotas, y dimensiones críticas, que son fundamentales para los análisis posteriores. También se realizan ajustes en el perfil para representar condiciones reales del terreno, como posibles irregularidades o modificaciones requeridas por el diseño técnico. Esto asegura que el perfil cumpla con los estándares y especificaciones necesarias para un análisis geotécnico confiable.

Una vez finalizado el diseño, los archivos se optimizan y verifican para garantizar su precisión y compatibilidad en el software Geo5. Este diseño no solo servirá como representación gráfica del terreno, sino también como insumo para los cálculos geotécnicos en la fase siguiente, integrando las bases geométricas del análisis.

En la última fase del proceso, se emplea el software GEO5 para realizar el análisis geotécnico y evaluar la estabilidad del talud. Este programa está diseñado para trabajar con los datos y perfiles generados en las etapas anteriores, permitiendo realizar simulaciones precisas de las condiciones del terreno. En esta fase, se ingresan las propiedades geotécnicas del suelo, como cohesión, ángulo de fricción interna y peso unitario, para modelar el comportamiento del terreno bajo diferentes condiciones. El análisis se centra en evaluar la estabilidad del talud mediante cálculos de factores de

seguridad y análisis de posibles fallas.

Existen dos tipos de enfoques para el análisis de estabilidad que se implementan en el programa. El método clásico de acuerdo con el factor de seguridad o el análisis según la teoría de los estados límites.

Cabe mencionar que la superficie se puede modelar de dos formas diferentes:

Circular: para la cual el usuario debe elegir entre los métodos de Fellenius/Petterson, Bishop o Spencer o Janbu o Morgenstern-Price, Shahunyants, ITF.

Poligonal: en cuyo caso el programa varía entre: Sarma o Spencer o Janbu o Morgenstern-Price, Shahunyants, ITF.

Finalmente, los resultados del análisis se resumen en informes detallados que incluyen gráficos, tablas y conclusiones sobre la estabilidad del talud. Estos resultados son fundamentales para tomar decisiones informadas sobre posibles ajustes en el diseño o la implementación de medidas de mitigación y prevención.

Objetivo 3.- Recomendar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento en el cerro Cuchicahua.

Mediante los resultados del análisis de estabilidad del talud, se recomendará medidas de prevención y mitigación para reducir la amenaza de deslizamiento en el cerro Cuchicahua. Estas medidas serán propuestas con base a otros estudios similares y también netamente propias, cabe mencionar que se separaron las medidas de prevención y mitigación en dos tablas tanto para los taludes estables como inestables.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

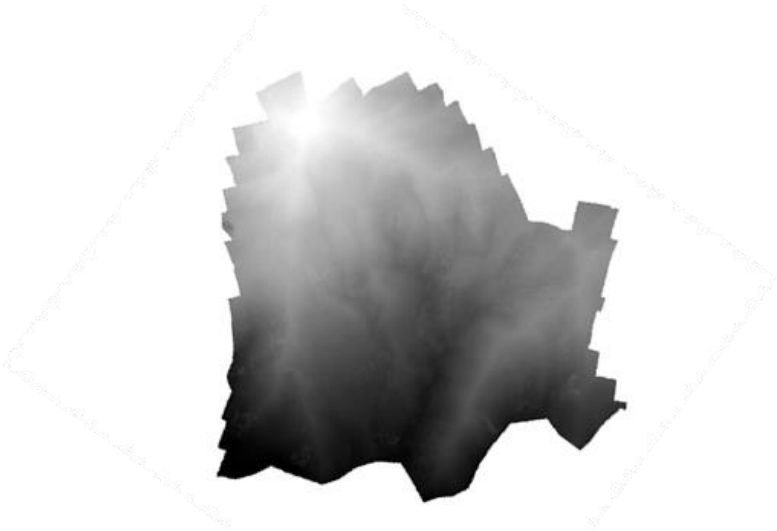
Objetivo 1

Caracterizar el relieve y el suelo del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes.

Para llevar a cabo este objetivo se realizó la salida a campo en acompañamiento con el docente tutor de tesis, se acudió a dos puntos del lugar de estudio para la toma respectiva de fotografías aéreas (Dron), con una elevación de 200m de altura, ayudó a la creación de la ortofoto y su DEM, mediante la búsqueda bibliográficas se encontró un estudio del cerro Cuchicahua donde se da a conocer el tipo de suelo existente.

El modelo digital de elevación (DEM) ayudó en el estudio de análisis de taludes, ya que ofrece datos significativos para analizar la forma del terreno y llevar a cabo evaluaciones de estabilidad. Todo esto ayuda a tener una mayor claridad sobre los elementos que afectan la estabilidad del talud y recomendar medidas de mitigación y prevención.

Figura 9: DEM Cerro Cuchicahua



Elaborado: Quinatoa D, Sisa T.

La elaboración de la ortofoto fue crucial ya que proporcionó una imagen con exactitud métrica, escala constante y georreferenciación, lo que facilitó la medición y el análisis geoespacial en el lugar de estudio.

Mediante la ortofoto se pudo crear los distintos perfiles de taludes dando inicio desde el punto más alto del cerro hasta la vía principal de la ciudad.

Figura 10: Ortofoto Cerro Cuchicahua



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Mapa Hillshade o mapa de sombras

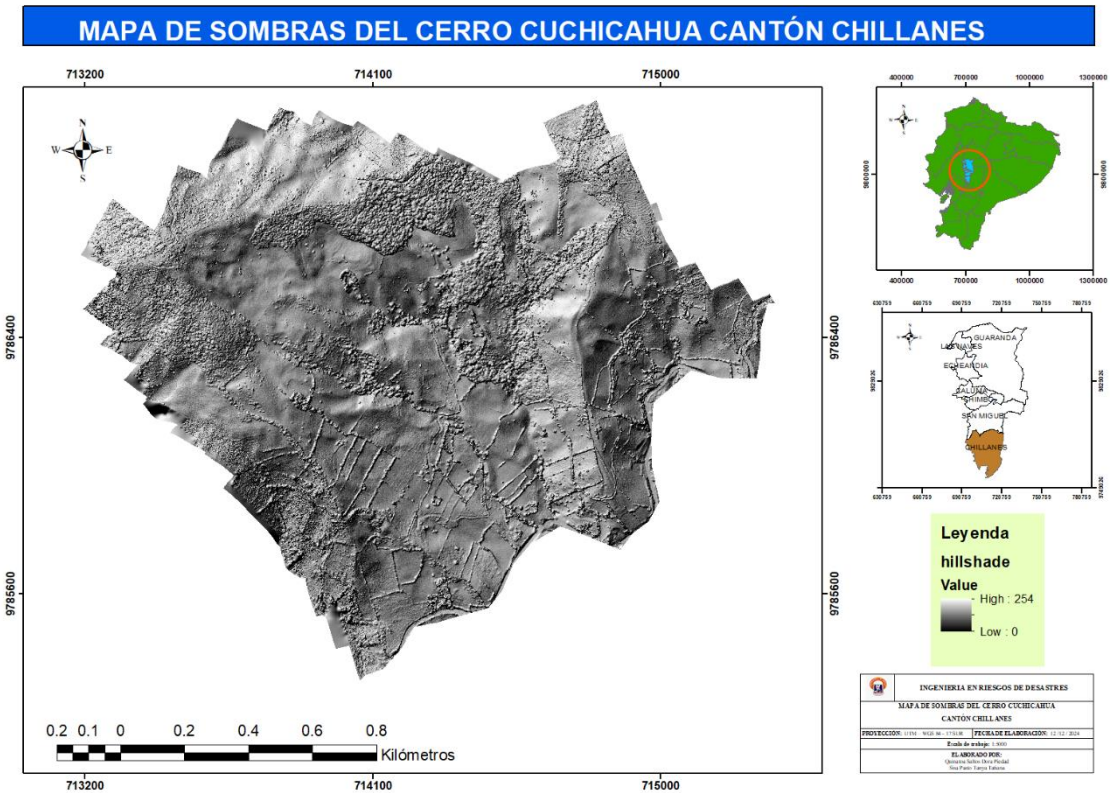
Este mapa ayudó a identificar la iluminación del cerro Cuchicahua del cantón Chillanes, es decir, simula como se vería el terreno si lo iluminará una fuente de luz. También muestra el valor numérico designando a cada pixel del mapa para representar la intensidad de luz en el punto de estudio.

High: 254 indica que las zonas más claras del mapa, representadas por el valor numérico corresponde a las áreas que recibirán mayor luz como las laderas orientadas hacia la fuente de luz, del mismo modo, Low: 0 indica que las zonas más oscuras

corresponden a las áreas que estarían en sombras como las laderas orientadas hacia la parte opuesta a la fuente de luz.

Este mapa nos ayudó a identificar la zonas más altas y bajas, es decir, en la parte más alta tiene mayor claridad mientras que en las zonas bajas, las laderas tienen un sombreado más oscuro.

Figura 11: Mapa Hillshade del cerro Cuchicahua



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Mapa Pendiente

Este mapa ayudó a identificar las áreas con mayor inclinación del lugar de estudio en el cual se puede observar que cada color representa un rango específico de inclinación o pendiente del cerro, mediante sus colores y rangos se pude visualizar lo siguiente:

Verde oscuro: Pendiente entre 0 – 2 es un tipo de pendiente horizontal, donde su umbral geomorfológico es de erosión nula a leve, esto indica que son terrenos muy planos o casi planos.

Verde claro: Pendiente entre 2 – 5 es un tipo de pendiente suave, donde su umbral geomorfológico es de erosión débil difusa.

Amarrillo verdoso: Pendiente entre 5 - 10 es un tipo de pendiente moderado, donde su umbral geomorfológico es de erosión de moderada a fuerte.

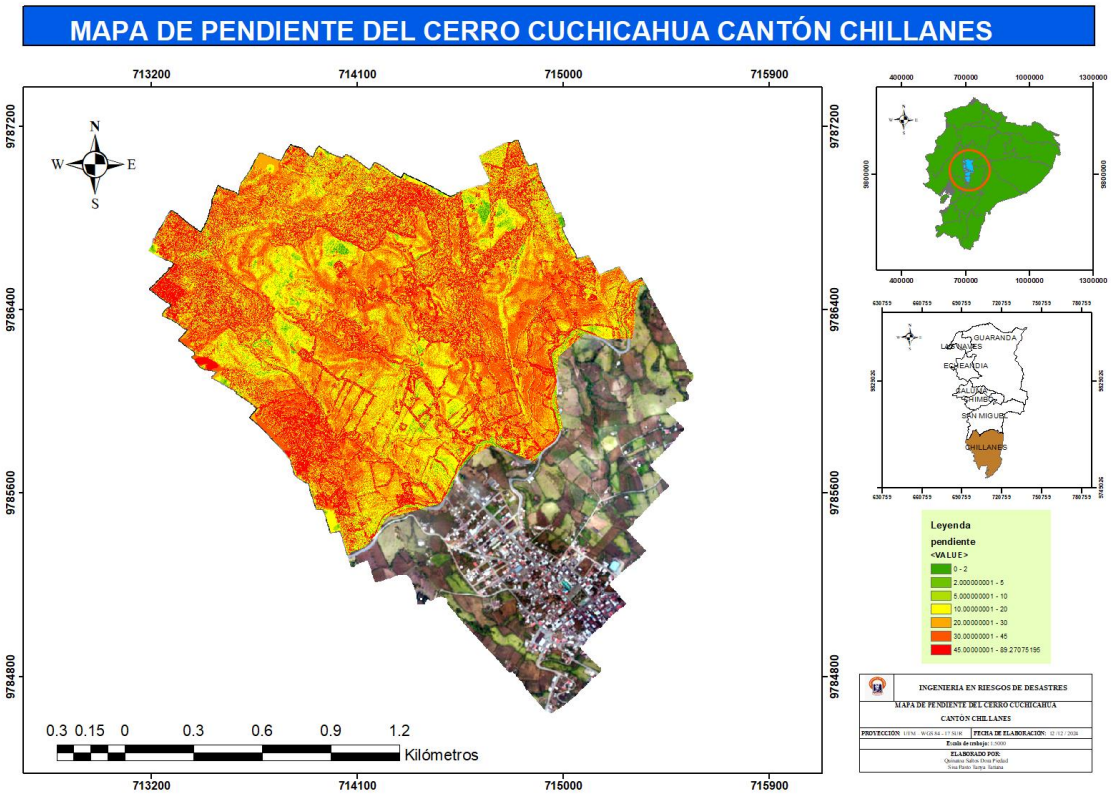
Amarrillo: Pendiente de 10 - 20 es un tipo de pendiente fuerte, donde su umbral geomorfológico es de erosión intensa o pendiente pronunciadas.

Naranja: Pendiente de 20 - 30 es un tipo de pendiente muy fuerte a moderada escarpada, donde su umbral geomorfológico es de cárcavas frecuentes, movimientos en masa reptación indica pendientes muy pronunciadas.

Naranja oscuro: Pendiente entre 30 - 45 es un tipo de pendiente escarpada, donde su umbral geomorfológico es coluvial, inicio de derrumbo que indica pendientes extremadamente pronunciadas.

Rojo: Pendiente entre >45 es un tipo de pendiente muy escarpada la acantilada, donde su umbral geomorfológico es de desprendimientos y derrumbes que indica pendientes muy abruptas o casi verticales.

Figura 12: Mapa Pendiente del cerro Cuchicahua



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Mapa tipo de suelo

Para la realización del mapa se tomó en cuenta un estudio realizado con anterioridad donde se especifica el tipo de suelo del cerro.

Este mapa ayudó a clasificar el tipo de suelo presentes en el cerro Cuchicahua, cada color presenta una categoría determinada de suelo indicando su textura o composición, cada color está asociado a un tipo de suelo específico.

Arcilloso: Suelos de partículas finas, confiere una alta capacidad de retención de agua.

Arenoso: Suelos de partículas gruesas, son más porosos y con menor capacidad de agua.

Franco: Mezcla equilibrada de partículas de arena limo y arcilla, lo que confiere propiedades intermedias entre suelos arenosos y arcillosos.

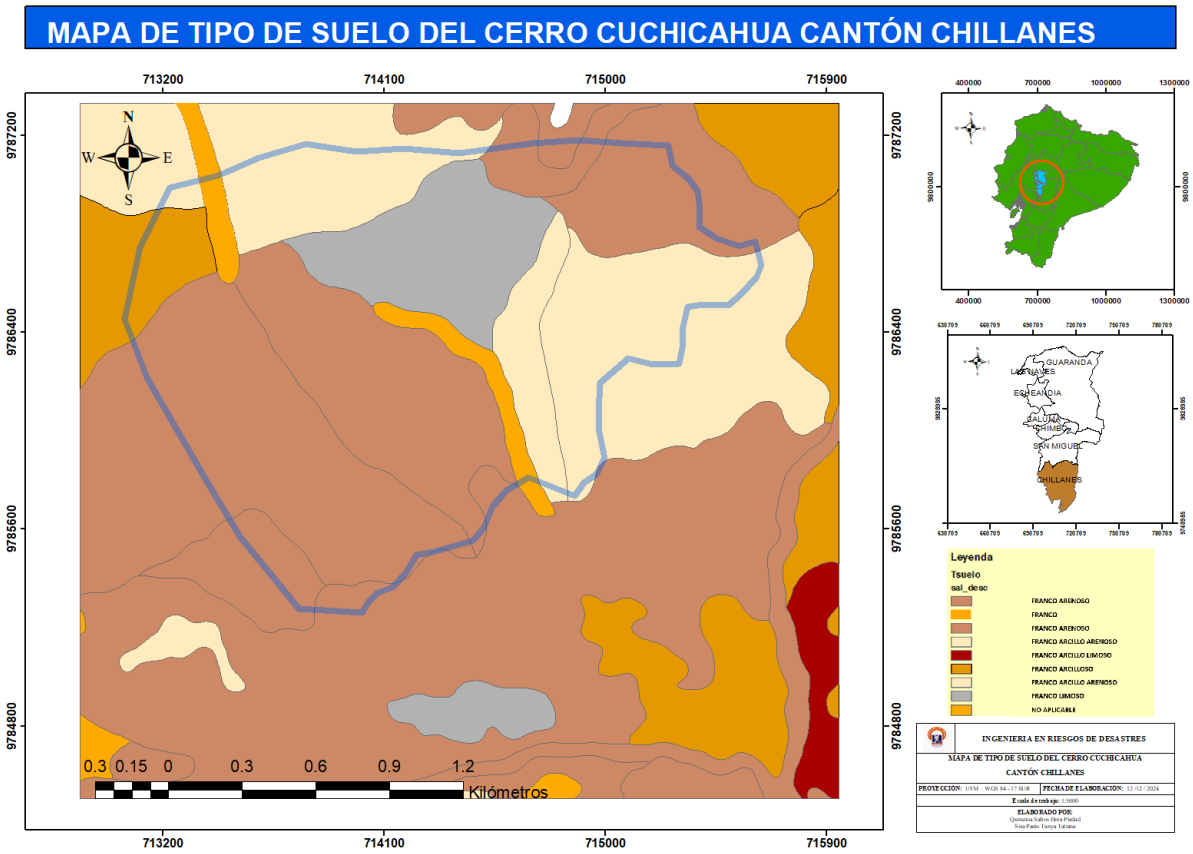
Franco arcilloso – arenoso, franco arcilloso-limoso: Estos son subclasificaciones del suelo franco, el cual indica o muestra la proporción relativa de arena, limo y arcilla.

Se pudo reconocer las diferentes áreas de tipo de suelo, los suelos francos son más fértiles y adecuados para la agricultura. Mientras que los suelos arenosos son más propensos a erosión, así mismo, los suelos arcillosos pueden tener dificultades de drenaje.

Se puede observar la textura del suelo (arena, limo, arcilla) es un factor importante, ya que influye la capacidad de retención de agua.

Este mapa ayudó con la identificación del tipo del suelo de cada perfil donde se pudo visualizar que el tipo de suelo de los primeros cuatro perfiles es de suelo franco arenoso y los cuatro últimos perfiles es franco arcilla arenosa.

Figura 13: Mapa tipo de suelo del cerro Cuchicahua



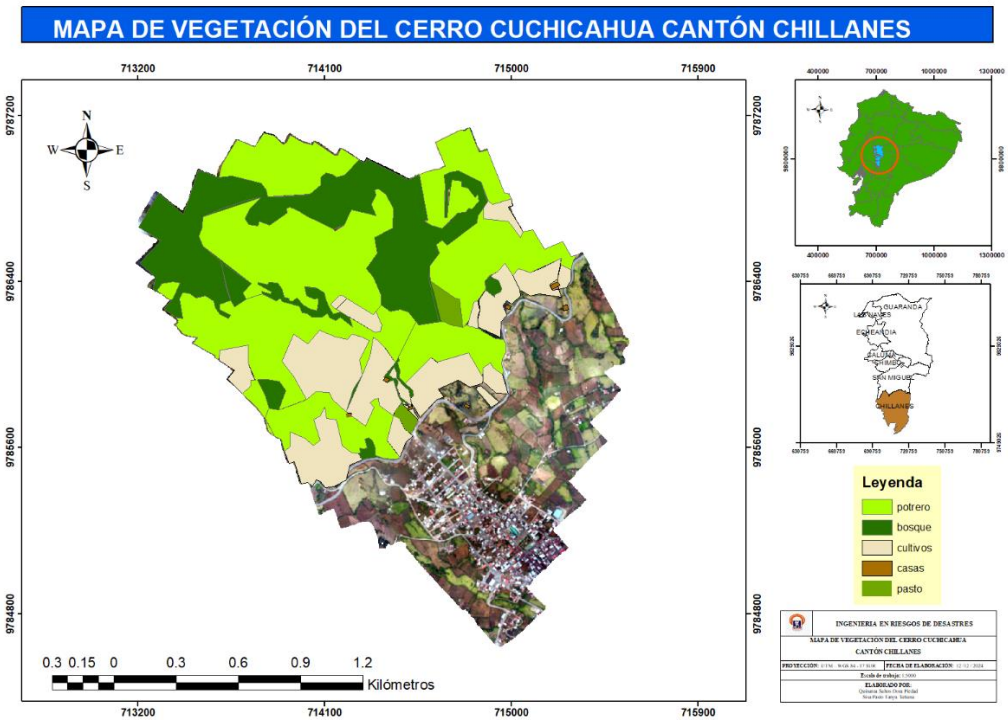
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Mapa de vegetación

El mapa de vegetación permitió identificar y clasificar los diferentes tipos de vegetación existentes y predominantes en el lugar de estudio en el cual se pudo reconocer los potreros ganaderos, bosques, cultivos, casas y por último los pastizales.

Cabe mencionar que los distintos tipos de vegetación como los bosques, potreros, pastos, cultivos, poseen variados sistemas de raíces y capacidades para estabilizar el suelo. Como por ejemplo los árboles cuentan con raíces profundas y extensas tienen una mayor estabilidad en comparación con las plantas de raíces superficiales. En este mapa de vegetación se puede ilustrar la distribución de estas distintas especies en un talud, lo que permite identificar las áreas que podrían ser más susceptibles a deslizamientos o erosión. Además, ofrece información valiosa acerca de la distribución y el tipo de la vegetación en un talud, datos que son esenciales para analizar su estabilidad, identificar zonas vulnerables y desarrollar estrategias de estabilización efectivas.

Figura 14: Mapa de vegetación del cerro Cuchicahua



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

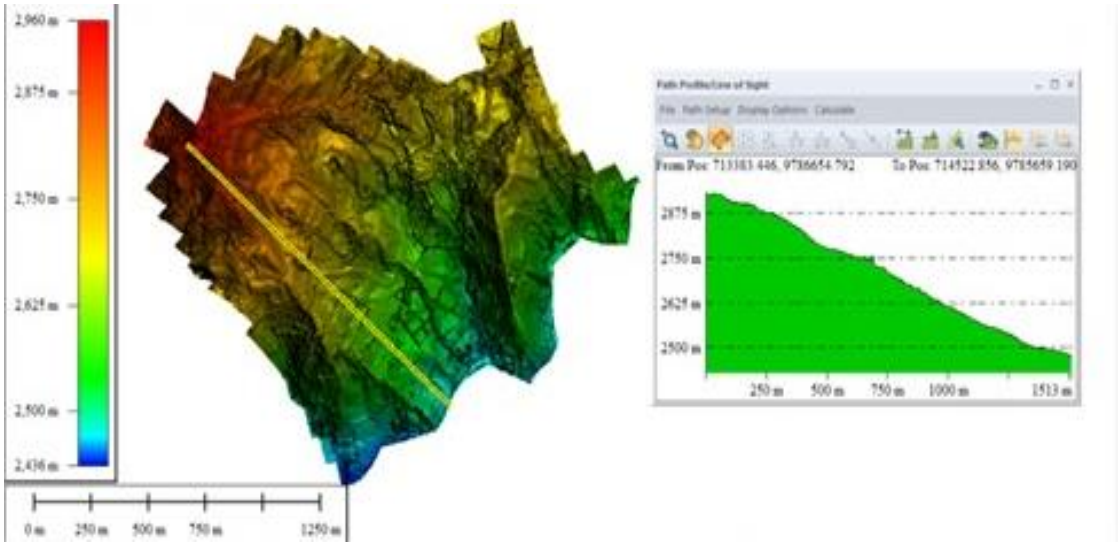
Objetivo 2

Determinar la inestabilidad de taludes en el cerro Cuchicahua utilizando métodos numéricos y analíticos

Para este objetivo se tomó en cuenta el mapa de tipo de suelo que se obtuvo en el objetivo 1, del mismo modo se utilizó el DEM del relieve y a su vez un estudio realizado donde identifica el tipo de suelo del cerro.

Para la creación de los diferentes perfiles se utilizó el Global Mapper donde se trabajó con el DEM y la Ortofoto del lugar de estudio, donde se extrajo 8 perfiles.

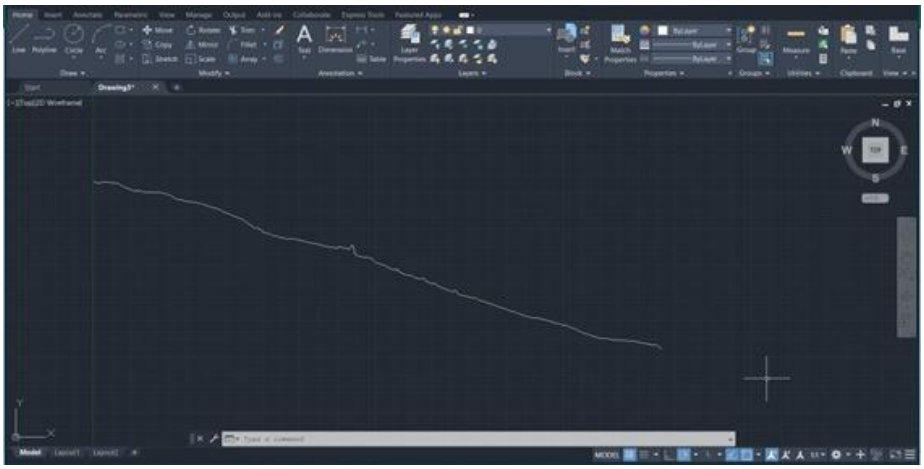
Figura 15: Creación de perfiles Global Mapper



Elaborado: Quinatoa D, Sisa T.

Posteriormente, se procedió a insertar todos los perfiles creados al software Auto CAD, para cerrar el perfil y guardar en archivo dxf para que se pueda leer en el software Geo 5.

Figura 16: Perfil en AutoCAD



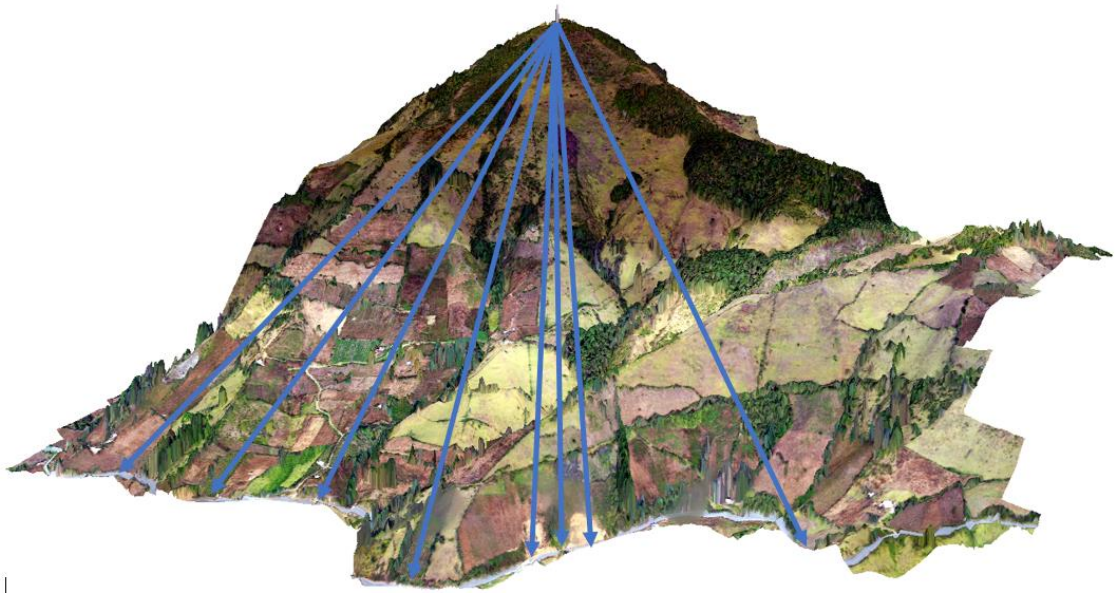
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Todos estos datos obtenidos fueron agregados en el software Geo 5, esto ayudó a calcular la probable superficie de falla de cada uno de los perfiles que se ha dividido en el talud.

Se calculó el factor de seguridad de 8 perfiles de forma oblicua en el cerro Cuchicahua. Donde se proyecta la superficie de rotura de forma circular para la ejecución del método escogido (Bishop).

La optimización implica encontrar la superficie de deslizamiento circular con la menor estabilidad, es decir, la superficie crítica de deslizamiento más pequeña. El proceso de optimización de las superficies de deslizamiento circulares en el programa Estabilidad de taludes es altamente fiable, ya que evalúa la totalidad de la pendiente con precisión. Independientemente de las diferentes superficies de deslizamiento con las que se cuente inicialmente, el resultado final será el mismo si se alcanza una superficie crítica de deslizamiento.

Figura 17: Identificación de Perfiles del cerro Cuchicahua

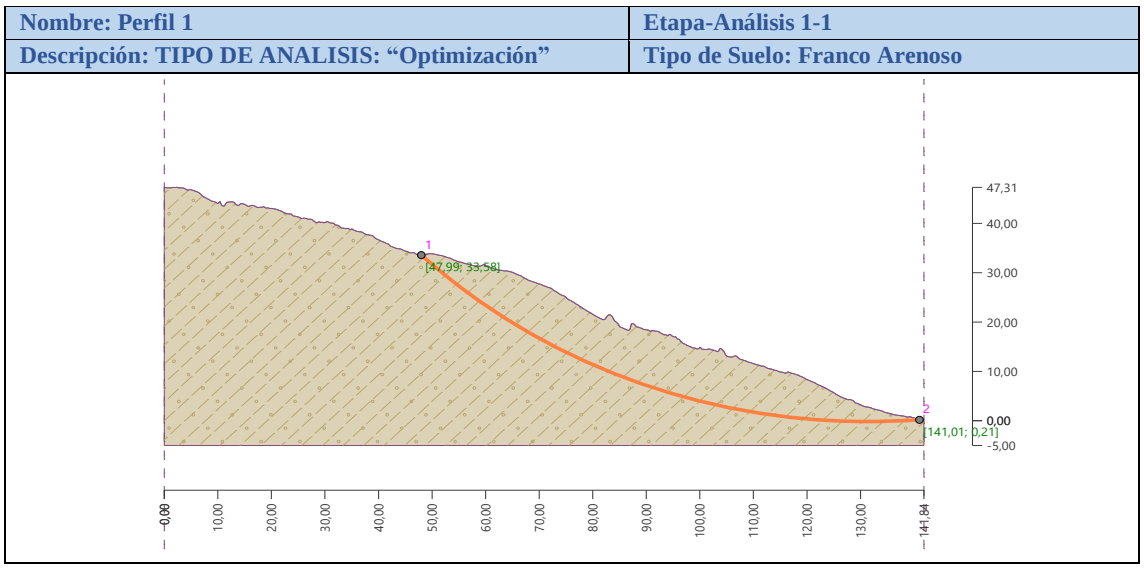


Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

En la figura 17 se identifica cada uno de los perfiles mencionados donde las líneas rojas trazadas sobre la representación del Cerro Cuchicahua ilustran este concepto. Cada línea roja representa un perfil del talud, mostrando cómo cambia la elevación del terreno desde la cima hasta la base del cerro en una dirección específica.

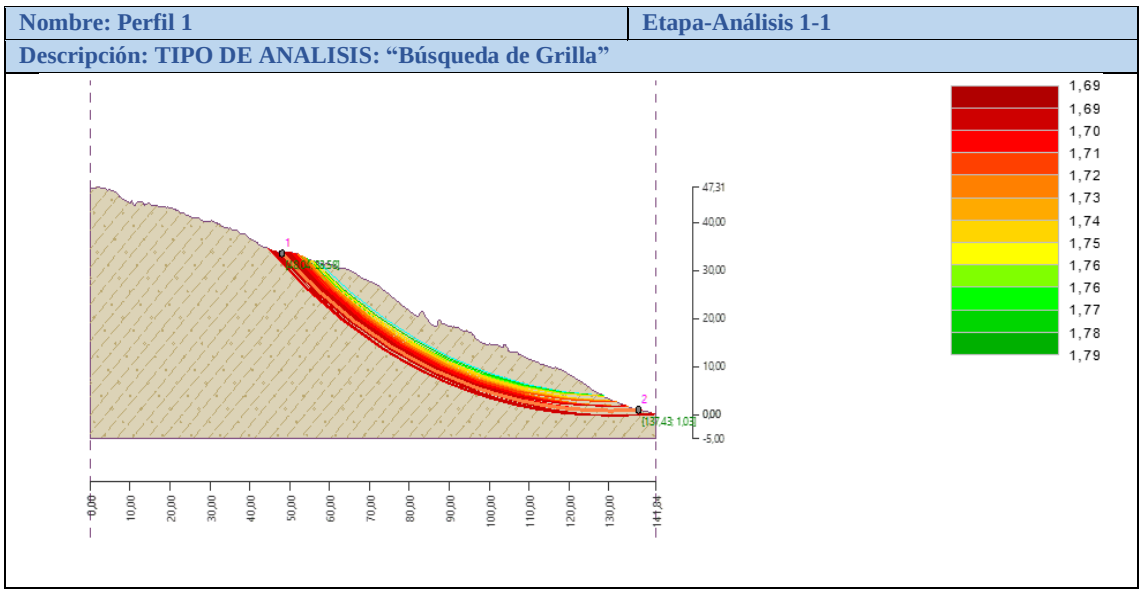
Perfil 1

Figura 18: Perfil 1 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 19: Perfil 1 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 3: Verificación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1

Suma de fuerzas activas	Fa = 4218,30 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 7145,37 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 504044,24 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =853800,33 kNm/m
Factor de seguridad = 1,69>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 130,24 [m] y Z = 120,30 [m], tiene un radio de R = 119,49 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 4: Parámetros del suelo Perfil 1 (Franco arenoso)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 26{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 12{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$

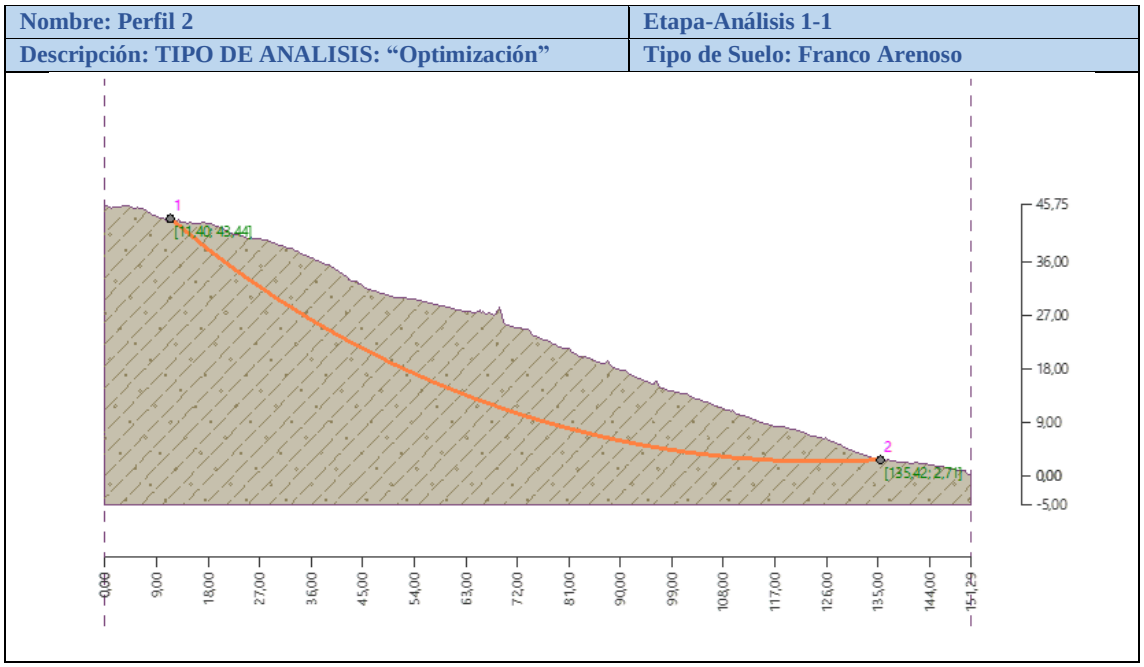
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.69 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, cabe mencionar, aunque su FS 1.69 indica que es estable, es importante monitorearla continuamente y tomar precauciones para garantizar la seguridad a largo plazo.

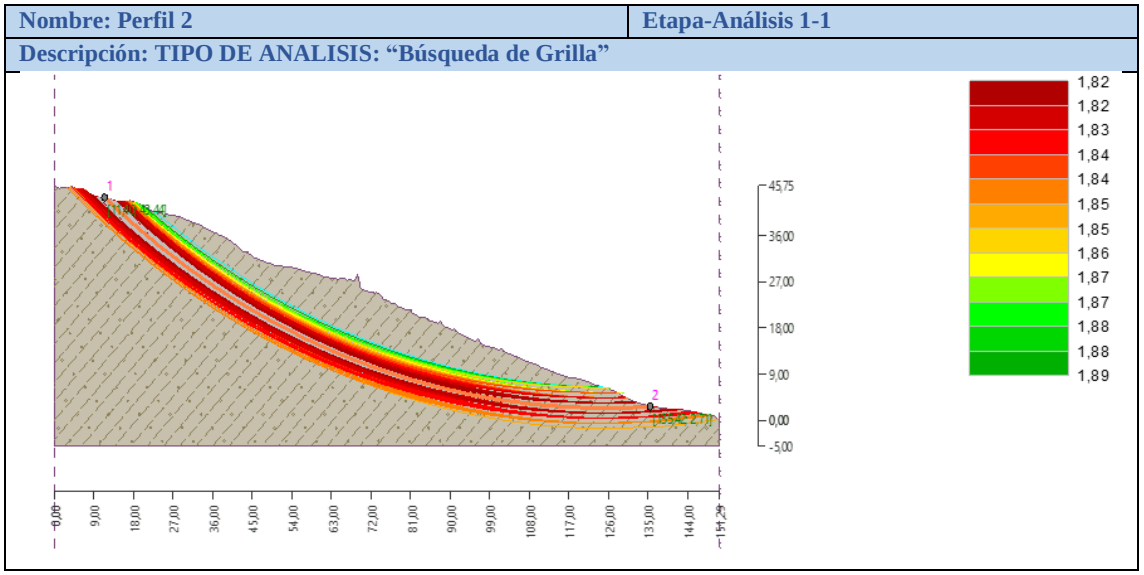
Perfil 2

Figura 20: Perfil 2 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 21: Perfil 2 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 5: Verificación de Estabilidad de talud (BISHOP) Perfil 2

Suma de fuerzas activas	Fa = 6346,68 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 11526,61 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 1131169,08 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =2054388,47 [kNm/m
Factor de seguridad = 1,82>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 125,16 [m] y Z = 180,64 [m], tiene un radio de R = 178,23 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 6: Parámetros del suelo Perfil 2 (Franco arenoso)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 26{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 12{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$

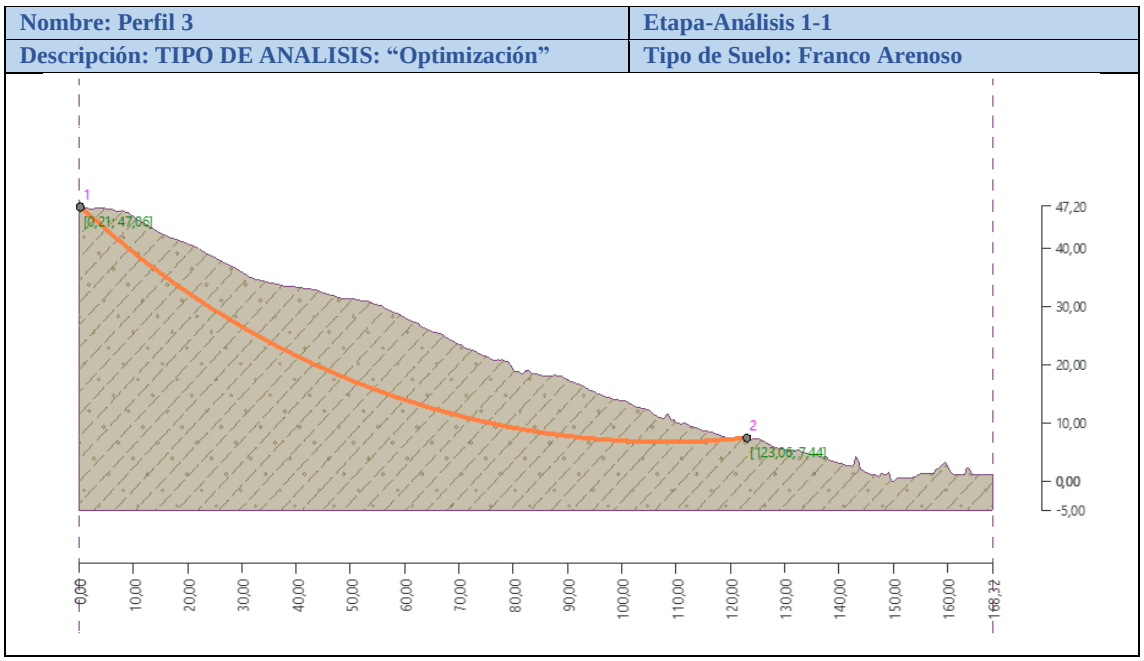
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.82 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, es decir, el valor del FS 1.82 del talud presenta una alta resistencia al movimiento, lo que sugiere que es poco probable que colapse bajo las condiciones actuales el cual indica un margen de seguridad suficiente. Esto significa que la pendiente puede soportar cargas adicionales y condiciones cambiantes sin fallar, de la misma manera, se considera que este en constante monitoreo.

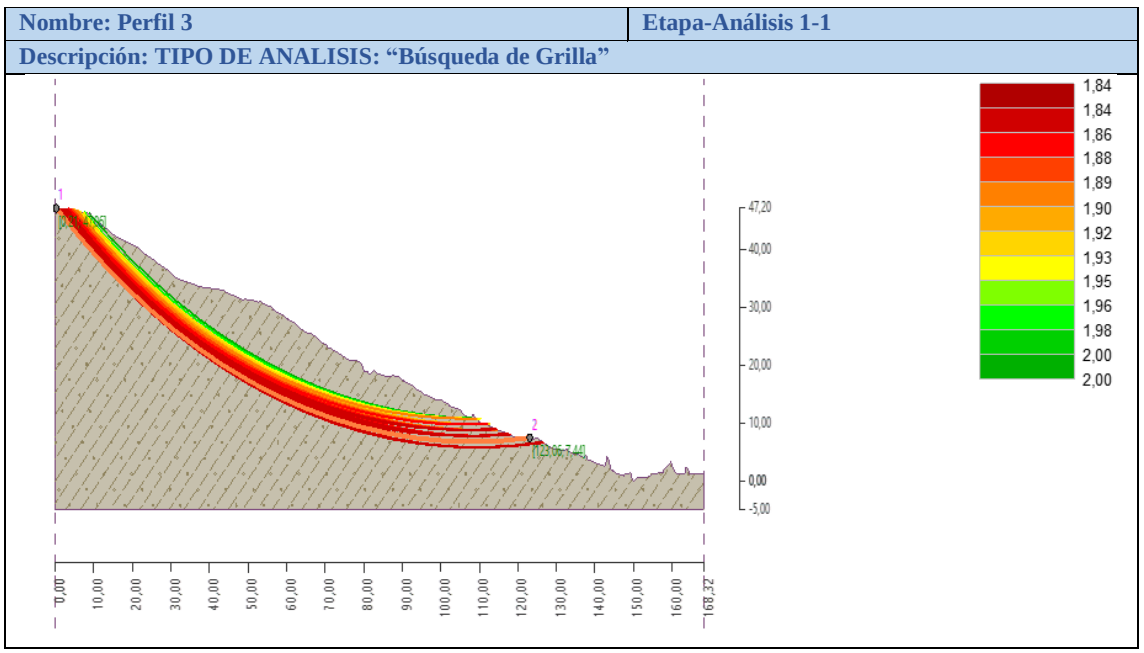
Perfil 3

Figura 22: Perfil 3 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 23: Perfil 3 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 7: Verificación de Estabilidad de Talud Perfil 3

Suma de fuerzas activas	Fa = 108,16 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 10847,33 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 969431,07 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =1786881,23 [kNm/m]
Factor de seguridad =1,84>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 108,16 [m] y Z = 171,49 [m], tiene un radio de R = 164,73 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 8: Parámetros de suelo Perfil 3 (Franco arenoso)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 26{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 12{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$

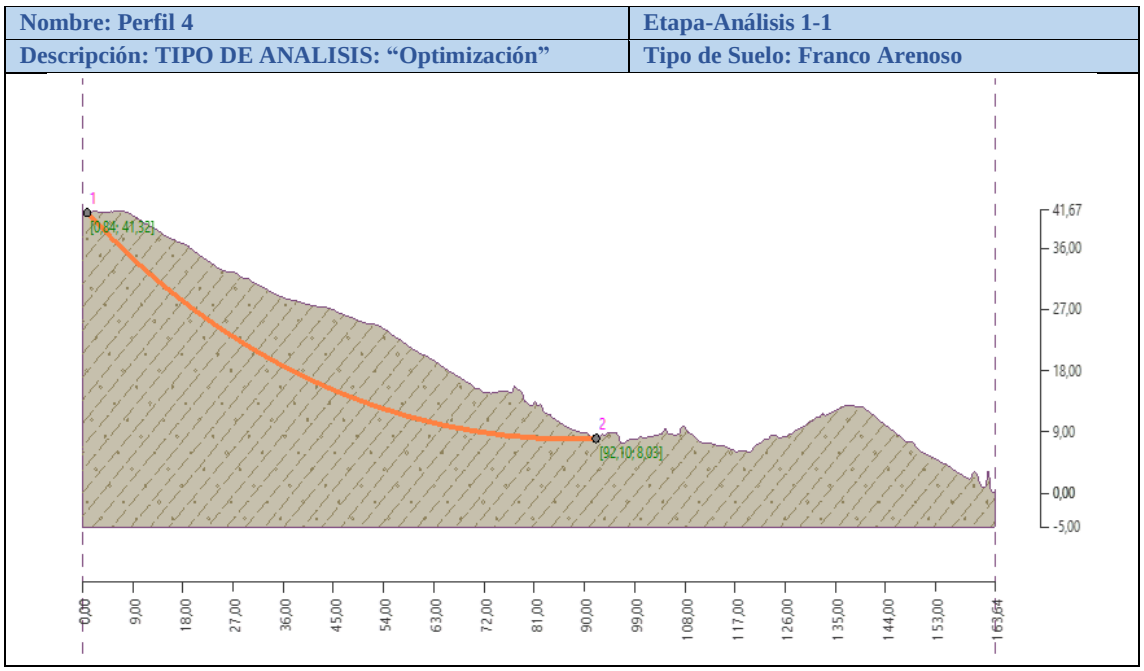
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.84 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, por consiguiente, el FS 1.84 es un resultado muy bueno, que indica una estabilidad de pendiente prácticamente absoluta. Sin embargo, es importante mantener una vigilancia básica y estar preparado para actuar si la situación cambia drásticamente.

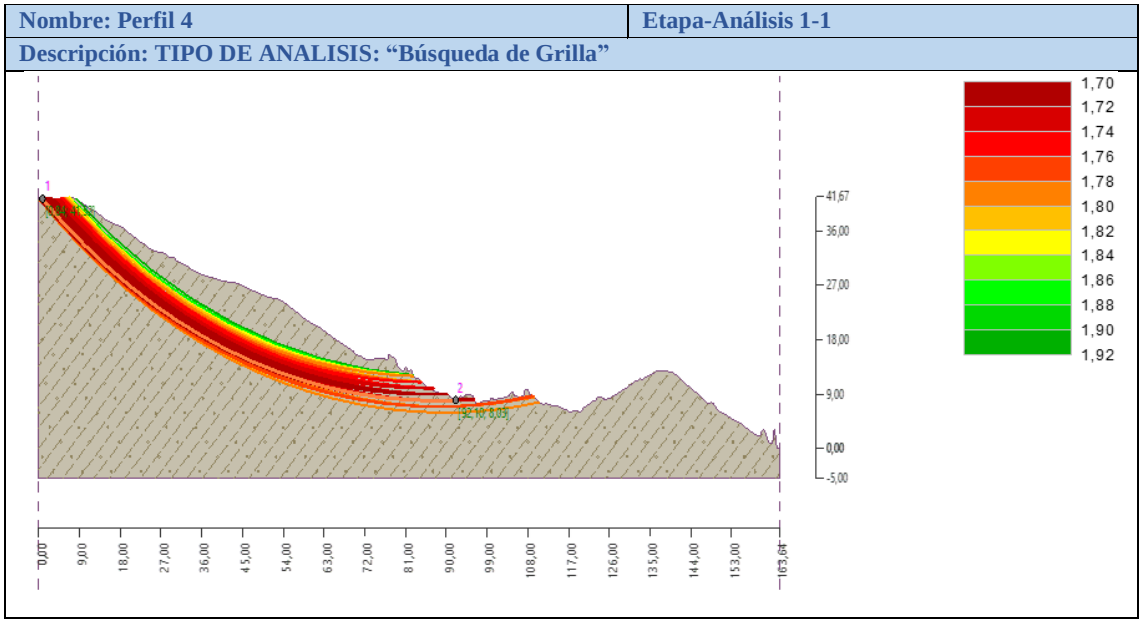
Perfil 4

Figura 24: Perfil 4 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 25: Perfil 4 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 9: Verificación de estabilidad de talud (BISHOP) Perfil 4

Suma de fuerzas activas	Fa = 4290,31 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 7298,54 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 555681,43 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =945307,27 [kNm/m]
Factor de seguridad = 1,70>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 87,62 [m] y Z = 137,47 [m], tiene un radio de R = 129,52 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 10: Parámetros de suelo Perfil 4 (Franco arenoso)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 26{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 12{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}00\ \mathrm{kN/m^3}$

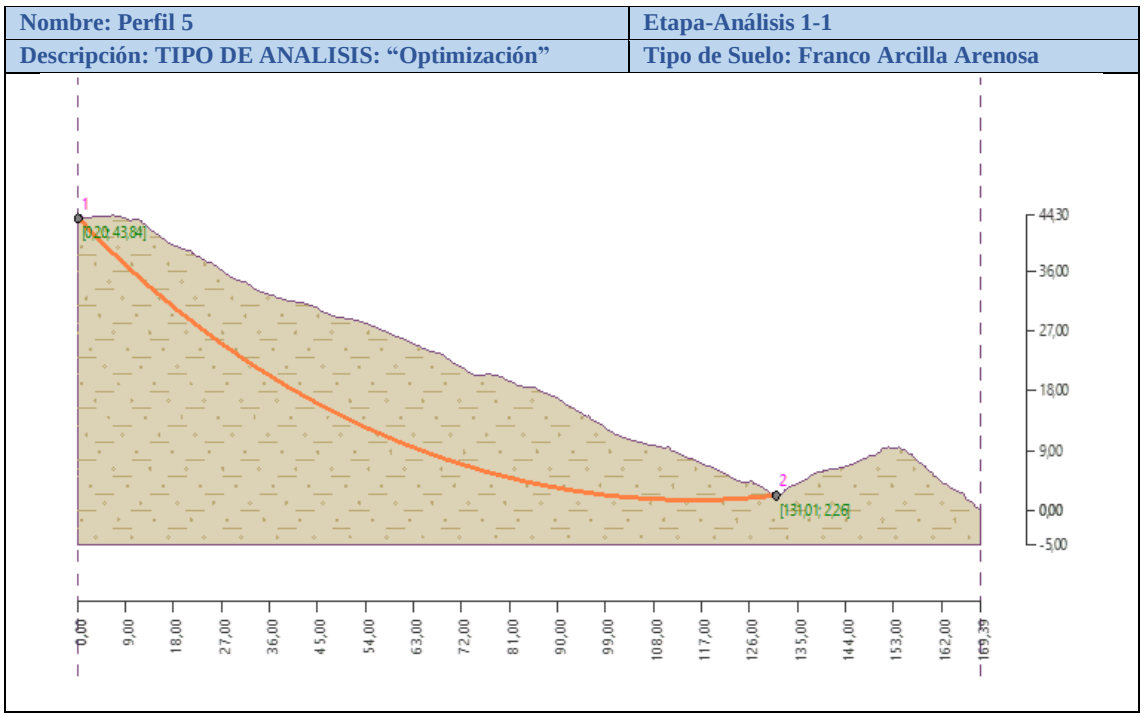
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.70 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, por ende, el valor de 1.70 indica que existe un margen de seguridad considerable, es decir, que el talud puede soportar cargas adicionales o cambios en las condiciones sin llegar a fallar. Sin embargo, es importante hacer un constante seguimiento del talud.

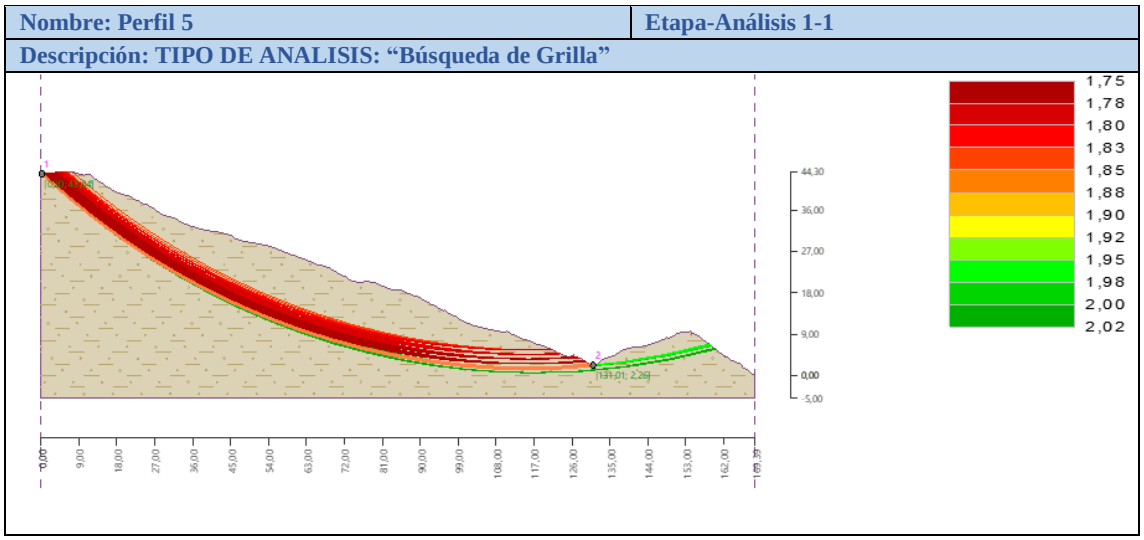
Perfil 5

Figura 26: Perfil 5 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 27: Perfil 5 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 11: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 5

Suma de fuerzas activas	Fa = 7571,18 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 13286,44 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 1351607,79 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =2371895,01 [kNm/m]
Factor de seguridad = 1,75>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 115,53 [m] y Z = 180,11 [m], tiene un radio de R = 178,52 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 12: Parámetros de suelo Perfil 5 (Franco arcilla arenosa)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 24{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 14{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

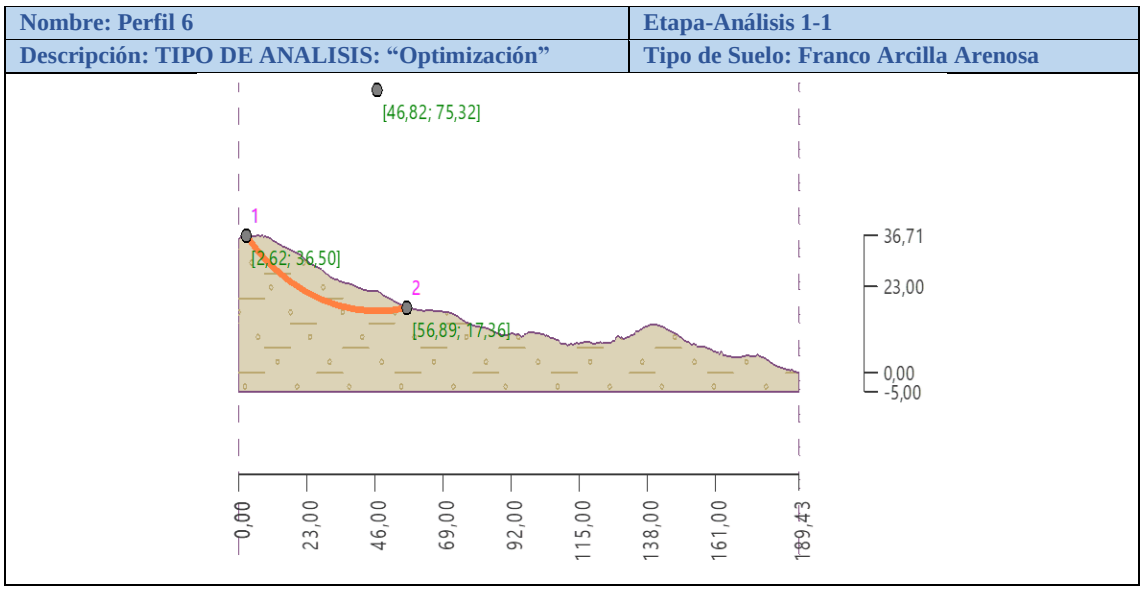
Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.75 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, por lo tanto, el FS de 1.75 indica una buena estabilidad de la pendiente.

Sin embargo, es importante recordar que la estabilidad de taludes es un proceso dinámico y las condiciones pueden cambiar con el tiempo. Por ende, es esencial llevar a cabo un monitoreo constante y adoptar acciones preventivas para asegurar la seguridad a largo plazo.

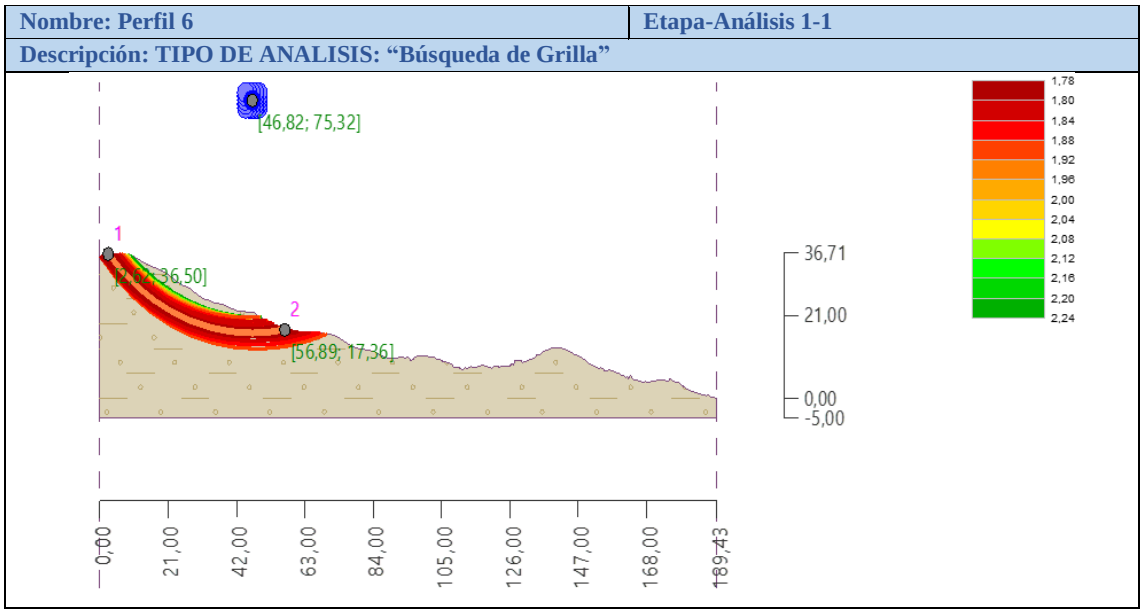
Perfil 6

Figura 28: Perfil 6 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 29: Perfil 6 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 13: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 6

Suma de fuerzas activas	Fa = 1935,87 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 3449,80 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 113887,48 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =202951,79 [kNm/m]
Factor de seguridad = 1,78>1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 46,82 [m] y Z = 75,32 [m], tiene un radio de R = 58,83 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **ACEPTABLE.**

Tabla 14: Parámetros de suelo Perfil 6 (Franco arcilla arenosa)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 24{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 14{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$

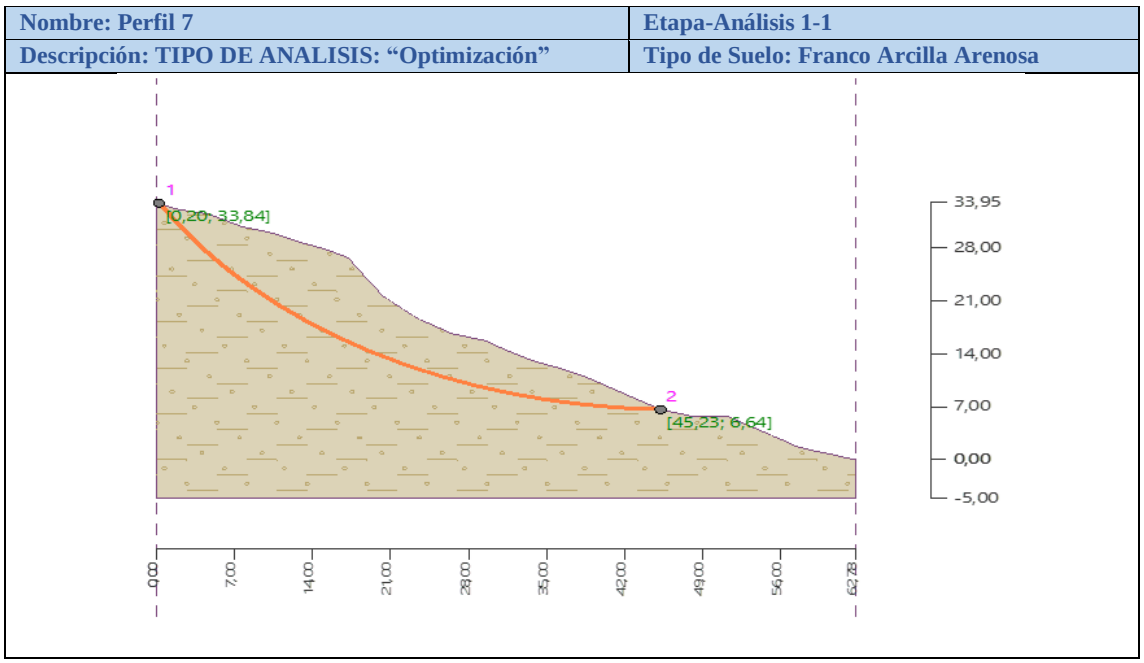
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil representa un factor de seguridad 1.78 > 1.50, el cual refleja una estabilidad de talud aceptable, el cual, el talud posee una capacidad de carga más grande de la requerida bajo las circunstancias presentes, lo que implica que podría resistir aumentos en las cargas ejercidas sin poner en riesgo su estabilidad. Sin embargo, es fundamental mantener un seguimiento periódicamente del talud.

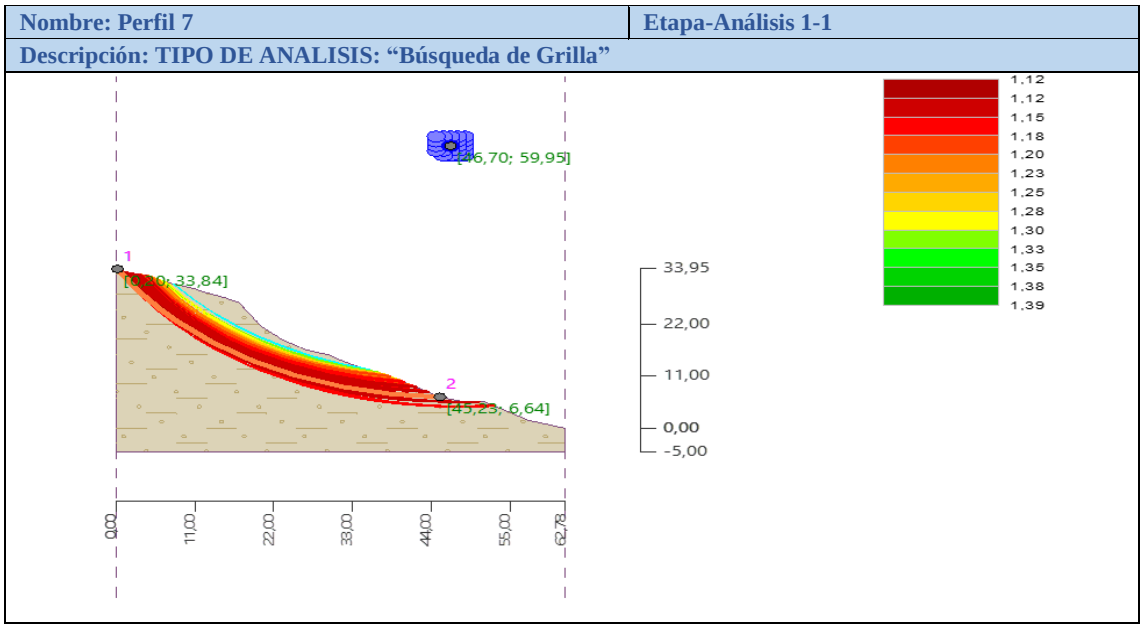
Perfil 7

Figura 30: Perfil 7 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 31: Perfil 7 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 15: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 7

Suma de fuerzas activas	Fa = 2492,25 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 2800,84 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 132911,75 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp =149368,65 [kNm/m]
Factor de seguridad = 1,12<1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 46,70 [m] y Z = 59,95 [m], tiene un radio de R = 53,33 [m].

El cual indica que la estabilidad del Talud es **INESTABLE**

Tabla 16: Parámetros de suelo Perfil 7 (Franco arcilla arenosa)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 24{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 14{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$

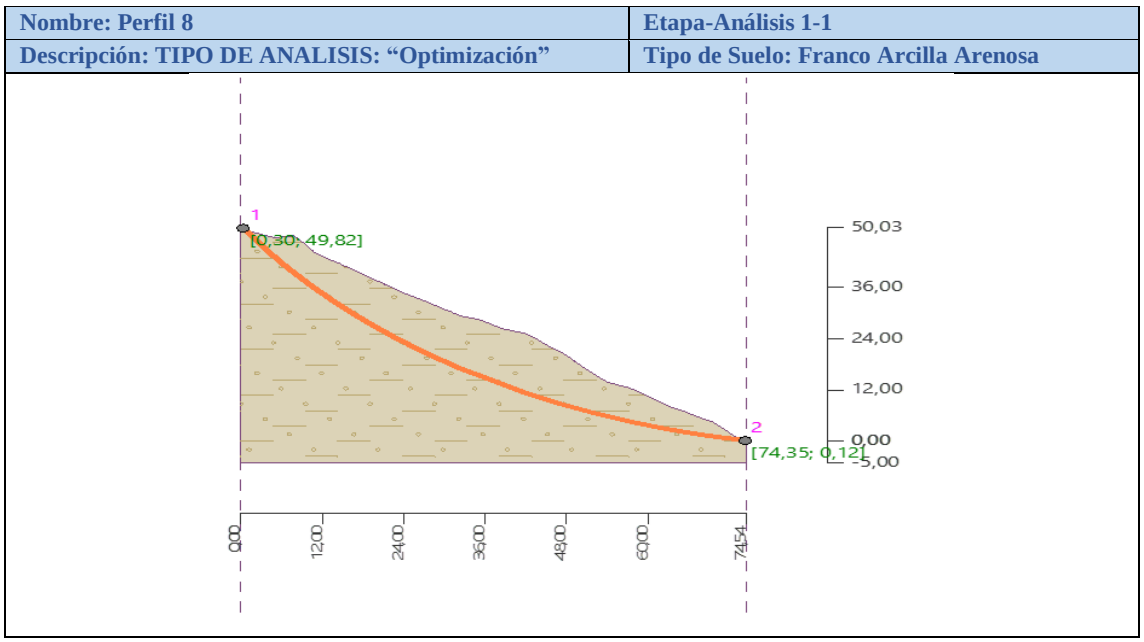
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

El perfil 7 presenta un fator de seguridad (FS) de 1.12, insuficiente para garantizar la estabilidad ya que se requiere > 1.50 lo que indica riesgos de deslizamiento bajo condiciones estáticas, ya que las fuerzas activas superan las resistencias, esto significa que, el talud no tiene suficiente capacidad de resistencia lo que aumenta el riesgo de deslizamiento o falla. Por lo tanto, se requiere que las autoridades tomen medidas de control y estabilización del talud.

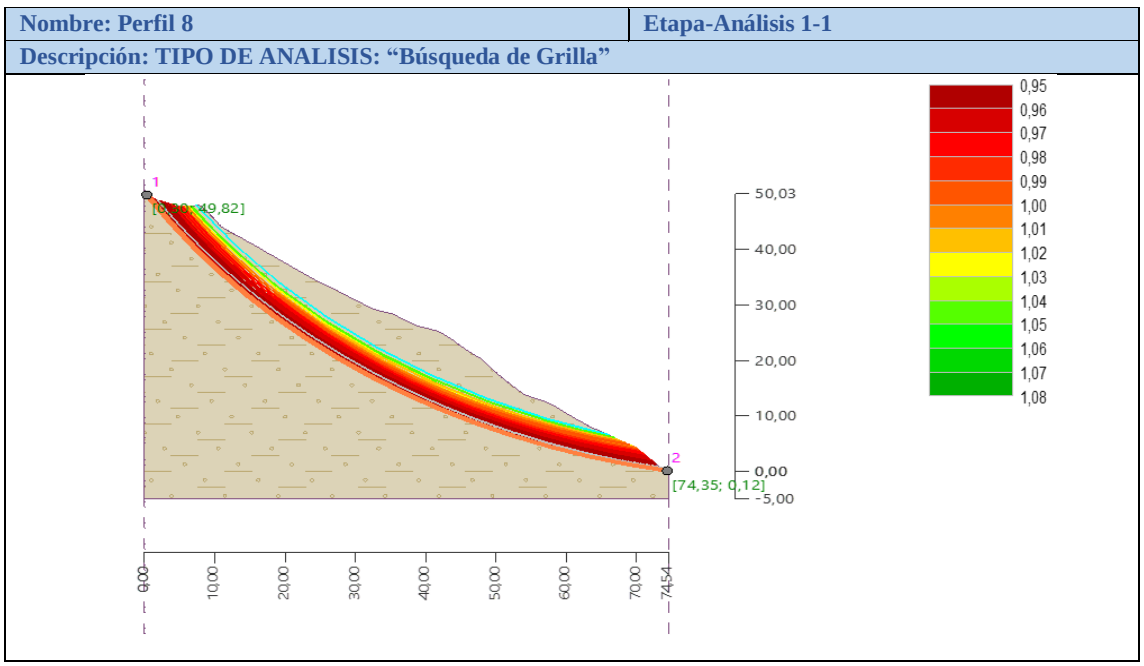
Perfil 8

Figura 32: Perfil 8 Método de Bishop_Tipo de análisis "OPTIMIZACIÓN"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Figura 33: Perfil 8 Método de Bishop_Tipo de análisis "BUSQUEDA DE GRILLA"



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Tabla 17: Verificación de estabilidad de Talud (BISHOP) Perfil 8

Suma de fuerzas activas	Fa = 6423,24 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp = 6075,06 [kN/m]
Momento de deslizamiento	Ma = 710410,12 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp = 671901,12 [kNm/m]
Factor de seguridad = 0,95 < 1,50	

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

La superficie de falla circular de este talud, situado en el centro en las coordenadas X = 93,73 [m] y Z = 109,01 [m], tiene un radio de R = 110,60 [m]

El cual indica que la estabilidad del Talud es **INESTABLE**

Tabla 18: Parámetros de suelo Perfil 8(Franco arcilla arenosa)

Peso unitario	$\gamma = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$
Angulo de fricción interna	$\varphi_{ef} = 24{,}50°$
Cohesión de suelo	$c_{ef} = 14{,}00\ \mathrm{kPa}$
Peso unitario de suelo saturado	$\gamma_{sat} = 18{,}50\ \mathrm{kN/m^3}$

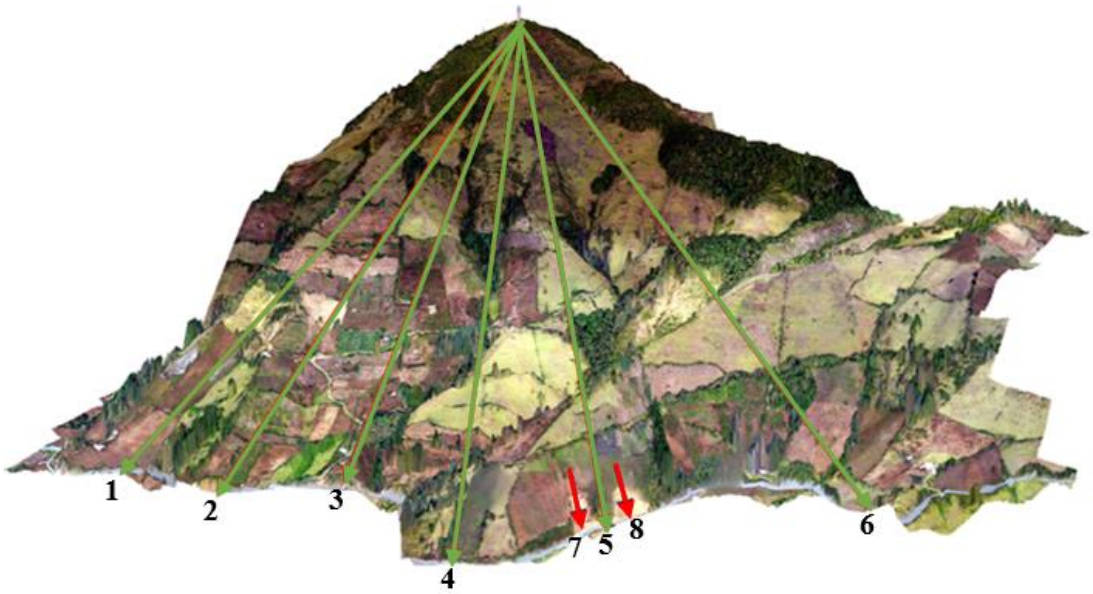
Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Análisis

En el perfil 8 nos refleja un factor de seguridad (FS) de 0.95 sobre el análisis de estabilidad este talud se encuentra a unos treinta pasos hacia arriba de la parte de la gasolinera, es significativamente inferior al valor mínimo generalmente aceptado de 1,50. Para lo cual, es fundamental recomendar medidas necesarias como el monitoreo constante del comportamiento del talud, por ende, se requiere que las autoridades tomen medidas de control y estabilización del talud.

Según los resultados obtenidos mediante el software GEO 5 para datos de análisis se utilizó el método Bishop, para poder conocer el factor de seguridad de cada uno de los perfiles, en el cual dos de los ocho perfiles son inestables.

Figura 34: Perfiles estables e inestables



Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Como se puede observar se ha plasmado los 6 perfiles estables que están representando el color verde, y del mismo modo se visualiza los perfiles inestables que están representados con el color rojo.

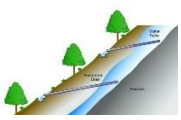
Se menciona que la mayor parte del cerro tiene una estabilización de talud estable, y por ende se descarta la suposición del deslizamiento del cerro en la parte urbana del cantón, cabe mencionar que la parte con inestabilidad se ubica en la parte de la gasolinera ya que existen viviendas que pueden ser afectadas.

Objetivo 3

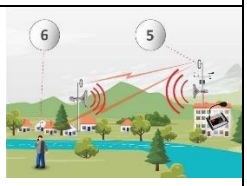
Recomendar medidas de prevención y mitigación ante el riesgo de deslizamiento en el cerro Cuchicahua

Para la realización de este objetivo se tomó en cuenta el factor de seguridad de los ocho perfiles en los cuales seis de los ocho, su estabilidad de talud es estable y dos son inestables por esta razón se recomienda medidas de prevención y mitigación como las siguientes:

Tabla 19: Medidas de prevención y mitigación Perfiles estables

	Mitigación	**Prevención**	**Responsables**	**Foto/ejemplo**
Medidas	• Implementar sistemas de drenaje y subdrenaje para controlar el agua en las laderas. Pueden desviar el agua de las pendientes, reduciendo el riesgo de saturación del suelo y deslizamientos de tierra. Esta medida podrá incluir la construcción de zanjas de drenaje, zanjas de cabecera,	• Evitar la construcción de viviendas e infraestructura en zonas de alto riesgo de deslizamiento. El objetivo de esta medida es reducir la vulnerabilidad de personas y materiales ubicándolos en zonas menos propensas. Esto incluye realizar estudios	Gobierno local (GAD Municipal). Población	

	pozos de recolección y sistemas de bombeo.	preliminares de áreas peligrosas y desarrollar códigos de construcción que prohíban o restrinjan la construcción en áreas de alto riesgo.		
	• Instalar instrumentos para monitorear el movimiento de los taludes Son instrumentos como inclinómetros, piezómetros y extensómetros para rastrear el movimiento del suelo y detectar la inestabilidad antes de que ocurra un deslizamiento de tierra.	• Controlar el uso del suelo y las actividades humanas en las laderas del cerro. Esta medida buscará evitar actividades que puedan desestabilizar el terreno, como la deforestación, la agricultura en pendientes, la extracción de materiales y la construcción sin las medidas de seguridad adecuadas. Esto incluye el desarrollo de planes de sitio para regular el uso de la tierra y las	Gobierno local (GAD Municipal). Técnico especializado	

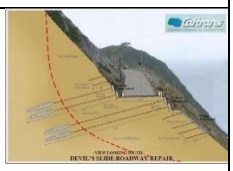
		actividades permitidas en las laderas.		
	• Establecer un sistema de alerta temprana para avisar a la población en caso de riesgo inminente de deslizamiento Permitirá avisar a la población con tiempo suficiente para evacuar una zona en riesgo. Entre ellas incluyen las sirenas, alertas por radio o teléfono, y mensajes de texto.	• Evitar la deforestación Con esta medida se protegerá la cobertura vegetal existente y promover la replantación de áreas degradadas.	Gobierno local (GAD Municipal). Población	
	• Realizar inspecciones periódicas de las laderas del cerro para detectar signos de inestabilidad. Se podrá identificar grietas en el terreno, inclinaciones inusuales,	• Promover la reforestación en áreas degradadas. Esta medida es importante en zonas que han sido taladas de bosques o afectadas por incendios forestales, pues la reforestación con árboles y	Gobierno local (GAD Municipal). Técnico especializado Población	

	hundimientos, afloramientos de agua y entre otros que se puedan indicar como un riesgo.	arbustos nativos puede ayudar a restaurar la cubierta vegetal perdida, fortalecer el suelo y reducir el riesgo de erosión y deslizamientos.		
	• Realizar simulacros de evacuación para preparar a la población para una emergencia. Estos ejercicios serán fundamental ya que es una herramienta que ayudara para preparar a la población para enfrentar desastres y salvar vid as.	• Evitar la acumulación de agua en zonas inestables. Con esta medida se evitará el estancamiento del agua mediante la instalación de drenajes, el sellado de taludes y la eliminación de obstáculos al flujo de agua.	Gobierno local (GAD Municipal). Población	
	Nota: Estas medidas de prevención y mitigación son para los 6 perfiles con sus factores de seguridad estables los cuales son (> 1,50).			

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

Se ha considerado otras medidas de prevención y mitigación para los dos perfiles inestables.

Tabla 20: Medidas de prevención y mitigación Perfiles inestables

	Mitigación	**Prevención**	**Responsables**	**Foto o ejemplo**
Medidas	Implementar sistemas efectivos de drenaje superficial para desviar el agua de lluvia y disminuir la presión hídrica en la ladera.	Realizar mantenimiento constante e informar si existen anomalías.	Gobierno local (GAD Municipal). Prefectura Técnico especializado en riesgos	
	Implementar anclajes para aumentar la estabilidad del suelo frente al corte y prevenir los deslizamientos.	Evitar construcciones cerca de lugar de deslizamiento	Gobierno local (GAD Municipal). Prefectura	
	Levantar muros de contención que soporten las fuerzas laterales y	Implementar señaléticas de evacuación hacia población.	Gobierno local (GAD Municipal). Prefectura	

	prevengan deformaciones.			
	• Realizar simulacros de evacuación para preparar a la población para una emergencia. Estos ejercicios serán fundamental ya que es una herramienta que ayudara para preparar a la población para enfrentar desastres y salvar vi das.	• Evitar la acumulac ión de agua en zonas inestables . Con esta medida se evitará el estancamiento del agua mediante la instalación de drenajes, el sellado de taludes y la eliminación de obstáculos al flujo de agua.	Gobierno local (GAD Municipal). Población	
	Nota: Estas medidas de prevención y mitigación son para los dos perfiles inestables, con su factor de seguridad (< 1,50).			

Elaborado: *Quinatoa D, Sisa T.*

CAPITULO V.

5.1. CONCLUSIONES

- Para concluir con el primer objetivo se caracterizó el relieve y el tipo de suelo del cerro Cuchicahua mediante la creación de mapas, hillshade, pendiente, vegetación y de tipo de suelo, los cuales son muy diversos debido a diferentes características geológicas al tipo de suelo. El mapa de pendiente ayudó a identificar las áreas con mayor inclinación del lugar de estudio en el cual se pudo observar que cada color representa un rango especifico de inclinación o pendiente del cerro en el cual los más relevantes son las pendientes de color naranja oscuro donde muestra un valor entre 30 a 45 representando un tipo de pendiente escarpada intensa de inicio de desprendimiento pronunciadas. De la misma manera se presenta una pendiente con un valor > 45 representada de color rojo es un tipo de pendiente muy escarpada donde se muestra desprendimientos y derrumbes muy abruptas. El mapa de vegetación permitió identificar y clasificar los diferentes tipos de vegetación existentes y predominantes en el lugar que lo permitió identificar las áreas que podrían ser más susceptibles a deslizamientos, datos que son esenciales para analizar su estabilidad, identificar zonas vulnerables. El mapa de tipo de suelo ayudó con la identificación del tipo del suelo de cada perfil donde se pudo visualizar que el tipo de suelo de los primeros cuatro perfiles es de suelo franco arenoso y los cuatro últimos perfiles es de franco arcilla arenosa.
- Para concluir con el segundo objetivo mediante la utilización del software GEO 5 se determinó la inestabilidad de dichos perfiles, donde se especificó el tipo de suelo que corresponde a un suelo franco arenoso y franco arcilla arenosa, cabe mencionar que mediante la clasificación del suelo se obtiene los parámetros que son los siguientes: peso unitario, ángulo de fricción interna, cohesión de suelo,

peso unitario de suelo saturado y el factor de seguridad, con estos datos se obtuvo los resultados analizados de cada uno de los perfiles, seis de los ocho perfiles analizados muestran un factor de seguridad superior a 1.50, excediendo el límite máximo de estabilidad. Dónde muestra que son taludes estructuralmente seguros en las condiciones actuales de carga y tipo de suelo.

De la misma manera dos de los ocho perfiles evaluados, ubicados en la zona de la gasolinera, presentan factores de seguridad de FS = 1.12 y FS = 0.95, ambos por debajo del umbral mínimo de estabilidad establecido en FS <1.50. Estos valores indican condiciones de inestabilidad, lo que implica un alto riesgo de falla estructural en dichas secciones, lo que requiere la recomendación de medidas de mitigación y prevención para garantizar la estabilidad del talud.

- Se recomendaron medidas de mitigación en el área de estudio como son; la implementación sistemas efectivos de drenaje superficial para desviar el agua de lluvia y disminuir la presión hídrica en la ladera, implementación de anclajes para aumentar la estabilidad del suelo frente al corte y prevenir los deslizamientos, construir muros de contención que soporten las fuerzas laterales y prevengan deformaciones, crear planes de emergencia que permitan responder de forma ágil y efectiva ante el deslizamiento, de la misma manera se recomendó medidas de prevención como; realizar mantenimiento constante e informar si existen anomalías, evitar construcciones cerca de lugar de deslizamiento, implementar señaléticas de evacuación hacia la población, implementación de sistemas de monitoreo continuo y alerta temprana para la detección de movimientos inusuales del talud. Además, es fundamental implementar estas medidas para garantizar la estabilidad a largo plazo del talud.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios técnicos a profundidad y del mismo modo que el GAD-Chillanes genere información detallada y de manera actualizada predominante al cerro, para que la población pueda tener acceso a una información precisa ante los taludes.
- Se sugiere que, a partir de este estudio, se lleven a cabo análisis geotécnicos exhaustivos en la zona con alta inestabilidad, dado que en las áreas donde se ha identificado, ya se está manifestando la amenaza debido a la aparición de deslizamientos. Dando que se encontraron dos perfiles inestables que se recomienda inmediatamente la construcción de muros de contención o la implementación de mallas metálicas, del mismo modo, se sugiere la reubicación de la gasolinera del cantón.
- Finalmente, involucrar a la población en los procesos de toma de decisiones para asegurar la viabilidad de las medidas puestas en marcha, se sugiere que las autoridades consideren el presente estudio y adopten las estrategias de mitigación y prevención de riesgos junto a la comunidad, de manera que estén informados sobre cómo y cuándo evacuar en caso de un deslizamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Ágreda, E. A. (2005). *ESTABILIDAD DE TALUDES*. Obtenido de https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250339/2015/Tema5--Taludes.pdf

Angel. (09 de 05 de 2019). *ingenioxyz.com*. Obtenido de ingenioxyz.com: https://ingenioxyz.com/articulos/20190509-factor-de-seguridad-en-taludes

Carita, G. (01 de 08 de 2018). *gidahatari.com*. Obtenido de https://gidahatari.com/ih-es/estabilidad-de-taludes-deslizamientos-de-tierra-causas

CarlosB. (2024). *sismica-institute.com*. Obtenido de https://sismica-institute.com/guia-practica-analisis-de-estabilidad-de-taludes-fellenius-bishop/#t-1678180067791

Carrasco, G. P., & Tacuri, M. M. (2022). *Repositorio UEB*. Obtenido de https://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/4682/1/TESIS%20MELENDEZ_TOALOMBO.pdf

Carrera, S., & Carlosama, F. (04 de 2017). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de bibdigital.epn.edu.ec: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17237/1/CD-7741.pdf

Catanzariti, F. (13 de 06 de 2016). *geostru.eu*. Obtenido de https://www.geostru.eu/es/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes/

Chillanes, G. M. (05 de 03 de 2024). *Chillanes*. Obtenido de https://chillanes.gob.ec/chillanes/historia-chillanes/

Escobar, C., & Duque, G. (2015). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de repositorio.unal.edu.co: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/analisisdeestabilidaddetaludes.pdf

Ferreras, R. (08 de 2021). *geoinnova.org*. Obtenido de geoinnova.org: https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2021/08/GF32.-Mapas-sombras-Hillshade-1.pdf

Geo5. (2015). *www.finesoftware.es*. Obtenido de www.finesoftware.es: https://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/bishop-01/

Geo5. (2024). *finesoftware*. Obtenido de finesoftware: https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/

Geo5. (2024). *finesoftware*. Obtenido de finesoftware: https://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/optimizacion-de-la-superficie-de-deslizamiento-circular-01/

Geo5. (2024). *finesoftware*. Obtenido de finesoftware: https://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/grid-search-01/

Gustavo, S. (28 de 08 de 2022). *Enfoque, tipo, diseño y método de investigación*. Obtenido de https://miasesordetesis.com/enfoque-tipo-diseno-metodo-de-investigacion/

Isabel, A. (28 de 09 de 2016). *calameo.com*. Obtenido de calameo.com: https://www.calameo.com/read/00499710208a140f3d945

J, S., & Hudiel, N. (09 de 2008). *Estabilidad de taludes*. Obtenido de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/estabilidad-de-taludes.pdf

Jazmín, F. B. (2021). *Repositorio Digital UCE*. Obtenido de https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25353/1/FIGEMPA-CIM-FUENTES%20KATHERINE.pdf

Miler, S. T. (2011). *Revista de Actualización Clínica Investiga*. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682011000900011&lng=pt&nrm=iso

Montilla, N. (09 de 03 de 2016). *Deslizamientos de tierra causas y consecuencias*. Obtenido de https://images.app.goo.gl/yz7YHUCzGaJ9AY4Q9

Pachay, García, & Zevallos. (20 de 03 de 2021). *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/361514193_Determinacion_de_zonas_susceptibles_ante_movimientos_en_masa_utilizando_metodologia_INSAR_Analisis_Morfometrico_y_el_Indice_de_Estabilidad_Mohr-Coulomb_Caso_Campus_de_la_Universidad_Tecnica_de_Manabi_

PDyOT_Chillanes. (17 de 09 de 2020). *chillanes.gob.ec*. Obtenido de chillanes.gob.ec: https://chillanes.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/PDyOT_Chillanes_2020_Septiembre17.pdf

Pérez, J., & Gardey, A. (07 de 06 de 2023). *definicion.de*. Obtenido de definicion.de: https://definicion.de/vegetacion/

Riesgos, S. d. (16 de 05 de 2018). *Gestión de Riesgos* . Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Sampieri, R. H., & Torres, C. P. (2018). Metodologia de la Investigación. En R. H. Sampieri, & C. P. Torres, *Metodologia de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (pág. 108). Ciudad de México: McGrawHill.

Sampieri, R. H., & Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación . En R. H. Sampieri, & C. P. Torres, *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta* (pág. 10). Ciudad de México: McGrawHill.

Sampieri, R. H., & Torres, C. P. (2018). Metodología de la Investigación . En R. H. Sampieri, & C. P. Torres, *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (pág. 187). Ciudad de México: McGrawHill.

Sanz, R. V., Martí, S. S., & Orrego, A. D. (2016). *RiuNet*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76781/taludes.pdf

SNGR. (2018). *SECRETARIA DE GESTION DE RIESGOS*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GLOSARIO-DE-T%C3%89RMINOS-DE-GESTI%C3%93N-DE-RIESGOS-DE-DESASTRES-GUIA-DE-CONSULTA.pdf

Sotomayor, C. (03 de 2020). *consultcreto*. Obtenido de http://www.consultcreto.com/pdf/entendiendo.pdf

StudySmarter. (2024). *www.studysmarter.es*. Obtenido de www.studysmarter.es: https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieria-tecnologia-minera/mapas-de-pendientes/#:~:text=Los%20mapas%20de%20pendientes%20son,geogr%C3%A1ficos%20y%20de%20planificaci%C3%B3n%20territorial.

Trujillo, D. R. (2016). *repository.udistrital.edu.co*. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2850/RamirezTrujilloDaniela2016.pdf;jsessionid=A9EB6CB95E13C5A72814E9AAD2DEE674?sequence=1

UNICEF. (2006). Obtenido de https://www.unicef.org/paraguay/media/1561/file/UNICEF%20Paraguay.pdf

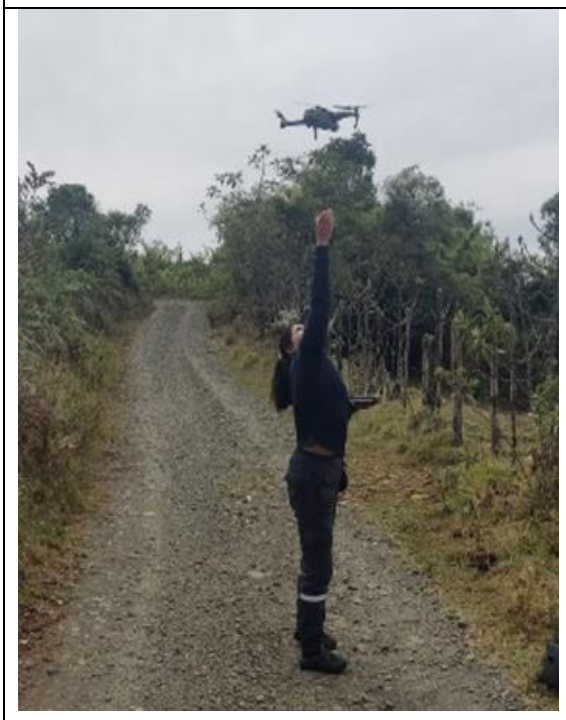
Unicef. (2023). *unicef.org*. Obtenido de unicef.org: https://www.unicef.org/ecuador/emergencias

Villacís, C. P. (08 de 2021). *epn.edu.ec*. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21881/3/CD%2011374.pdf

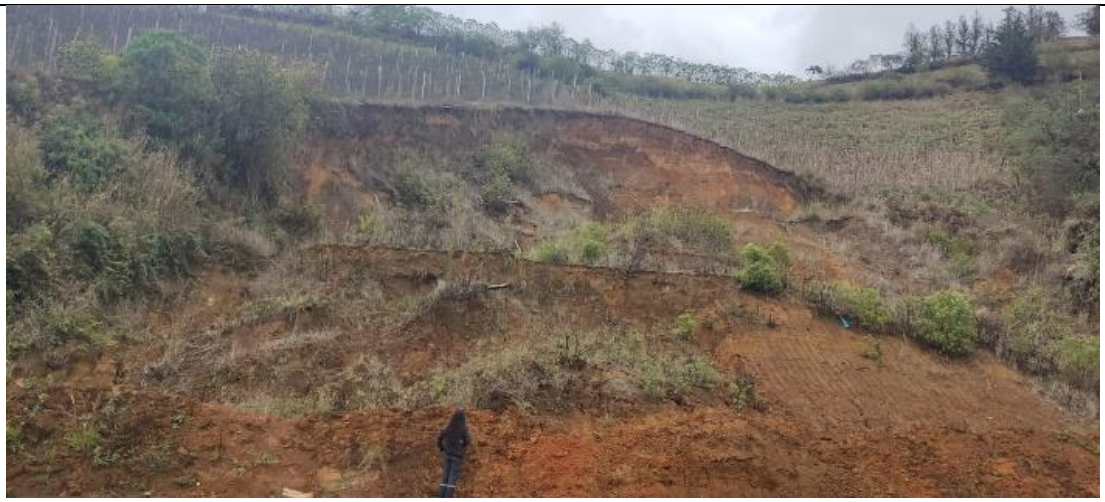
Villacis, L., Ramírez, C., Meléndez, G., & Toalombo, M. (04 de 08 de 2023). *revistabionatura*. Obtenido de https://www.revistabionatura.com/files/2023.08.04.9.pdf

ANEXOS

Anexos 1: Salida a campo

Salida a campo para la obtención de fotos aerias	
	
	

Anexos 2: Inspección visual en el lugar de estudio

Inspección visual en el lugar de estudio	
	
	
	

Anexos 3: Presencia de grietas

Presencia de grietas	
	

Anexos 4: Presencia de cultivos en el lugar de estudio

Presencia de cultivos en el lugar de estudio (fréjol, maíz, mora)




Anexos 5: Observación del suelo

<table>
<tr><td colspan="2">Salida a campo para la observación del suelo en el lugar de estudio</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

Anexos 6: Taludes inestables

<table>
<tr><td colspan="2">Gasolinera</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Deslizamiento 1</td><td>Deslizamiento 2</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>