



Investigación, evaluación y medida de mitigación del deslizamiento Chunchi.

Reconocimiento e identificación de información del sitio y análisis de información existente

Carvajal Chiza Mabel Alejandra

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Civil

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián, Msc

10 de septiembre del 2021

Original

Document Information

Analyzed document	Carvajal_Chiza_Mabel.pdf (0112240795)
Submitted	9/8/2021 4:30:00 PM
Submitted by	
Submitter email	biblioteca@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	ibiblioteca.GOC@analysis.arkund.com

Firma:

HUGO FABIAN
BONIFAZ
GARCIA

Firmado digitalmente por
HUGO FABIAN BONIFAZ
GARCIA
Fecha: 2021.09.10
10:30:13 -05'00'

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián Mgs.

C. C: 060178645



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular, "Investigación, evaluación y medida de mitigación del deslizamiento Chunchi. Reconocimiento e identificación del sitio y análisis de información existente" fue realizado por la señorita Carvajal Chiza, Mabel Alejandra el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2021

Firma:

HUGO FABIAN
BONIFAZ
GARCIA

Firmado digitalmente por
HUGO FABIAN BONIFAZ
GARCIA
Fecha: 2021.09.10
10:30:13 -05'00'

Ing. Bonifaz García, Hugo Fabián Mgs.

C. C: 060178645



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE
LA CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Carvajal Chiza, Mabel Alejandra, con cédula de ciudadanía n° 1724744477 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: Investigación, evaluación y medida de mitigación del deslizamiento Chunchi. Reconocimiento e identificación del sitio y análisis de información existente, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2021

Firma:

Carvajal Chiza, Mabel Alejandra

C.C.: 1724744477



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Carvajal Chiza, Mabel Alejandra, con cédula de ciudadanía n° 1724744477 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: Investigación, evaluación y medida de mitigación del deslizamiento Chunchi. Reconocimiento e identificación del sitio y análisis de información existente, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2021

Firma:

Carvajal Chiza, Mabel Alejandra

C.C.: 1724744477

DEDICATORIA

A mi padre Víctor

Por tu ejemplo de perseverancia y esfuerzo, por ser una guía en mi vida diaria y estudiantil, por tus consejos en este proceso de triunfos y derrotas, porque me enseñaste a ser valiente y no me rendirme, por formar parte de mi crecimiento como persona y profesional.

A mi madre Anita

Por tu apoyo incondicional y palabras de aliento, porque has creído en mis capacidades, por tu ayuda y enseñanzas, por formar mi carácter y personalidad para afrontar los retos de la vida.

A mis hermanos María Augusta y Matteo

Por todas las palabras de aliento, los abrazos reconfortarles, porque aun siendo mis hermanos menores me han enseñado a luchar y enfocarme en cada una de mis metas, espero ser un ejemplo bueno para ustedes y que sepan que son igual de capaces e inteligentes para cumplir todas sus metas.

A mi tío Armando

Por tus enseñanzas y palabras de ánimo por estar para mí siempre, gracias por darme tranquilidad y escucharme, por los buenos consejos, por enseñare a ser constante y no rendirme.

A toda mi familia por las palabras de aliento que nunca faltaron y quiero dedicar especialmente este logro a mi abuelita Marianita que sé que estará orgullosa y feliz de haber cumplido una de nuestras promesas. ¡Lo logramos!

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque en su palabra está “Esfuézate y sé valiente” y terminar esta etapa con éxito es prueba de que él cumple sus promesas, es dador de vida y una guía única.

Un agradecimiento especial a cada una de las personas que han sido parte de este proyecto, quiero especialmente agradecer a:

La Universidad de las Fuerzas Armadas, por permitirme ser parte de sus alumnos, por formarme académicamente como una ingeniería civil.

Al Ing. Hugo Bonifaz, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi vida estudiantil y por haber sido mi tutor en esta investigación, gracias por su ayuda y constante guía.

A los ingenieros docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por compartir todos sus conocimientos, por la paciencia, la guía y un agradecimiento especial al Ing. Jorge Zúñiga, gracias por ser ese docente ejemplo que me enseñó a amar mi profesión.

A todos los profesionales, futuros colegas, gracias por su tiempo, esfuerzo y ayuda brindada, ustedes hicieron posible que este proyecto culmine con éxito.

A toda mi familia, gracias por las constantes palabras de aliento y de ánimo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

URKUND.....	2
CERTIFICACIÓN	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
ÍNDICE DE FIGURAS.....	15
RESUMEN.....	18
ABSTRACT	19
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES	20
Introducción.....	20
Antecedentes históricos	21
Deslizamiento Guasuntos	24
Geomorfología parroquia Guasuntos.....	25
Causas del deslizamiento.	25
Deslizamiento Pueblo Viejo	26
Causas del deslizamiento Pueblo Viejo	27

Deslizamiento “La Josefina”	28
Aspectos físicos y geográficos del sector “La Josefina”	29
Aspectos geológicos del sector “La Josefina”	30
Conclusiones del deslizamiento “La Josefina”	30
Planteamiento del Problema	32
Antecedentes preliminares y descripción del problema	32
Objetivos.....	33
Objetivo General.....	33
Objetivos Específicos	33
Justificación	34
Importancia	34
Importancia Científica.....	34
Importancia Económica	35
Alcance	35
Beneficiarios	36
Beneficiarios directos:.....	36
Beneficiarios Indirectos.....	36
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	37
Movimientos en masa	37
Talud	38

	10
Factores condicionantes y detonantes en la estabilidad	39
Fenómenos condicionantes o pasivos.....	39
Fenómenos detonantes.	40
Tipos de movimientos de masa	41
Caídos o derrumbes	42
Inclinación o volteo.....	43
Deslizamientos.....	44
Partes de un deslizamiento.....	44
Deslizamiento rotacional.....	46
Deslizamiento de traslación.	47
Flujos.....	48
Flujo de tierra.....	49
Flujo de Lodo.....	50
Flujo de Residuos.	51
Soliflucción.....	52
Reptación o Creep.....	52
Propagación lateral	53
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	55
Características de la investigación	55
Recopilación de información	55

	11
Trabajo en campo	56
Análisis e interpretación de la información	56
CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN	57
Caracterización de la zona de estudio.....	57
Ubicación y acceso.....	57
Caracterización geológica y geotécnica de la zona de estudio.....	58
Geología Regional	58
Sistema de Fallas Bulubulu.....	59
Unidad Pallatanga	59
Formación Ocaña.	59
Formación Cisarán.....	59
Formación Turi.	59
Unidad Puñay.	60
Depósitos Cuaternarios.....	60
Geología Local.....	62
Formación Piñón.	62
Formación Alausí.....	62
Formación Tarqui.	63
Formación Cangahua.....	63
Tectonismo y sismicidad.	65

	12
Geotecnia.....	66
Geomorfología.....	67
Hidrogeología.....	69
Caracterización del deslizamiento	70
Análisis histórico del deslizamiento Chunchi	70
Deslizamiento activo Chunchi	76
Caracterización de evidencias de la zona de estudio	83
Evidencias geológicas y geotécnicas	83
Depósito origen volcano sedimentario.	84
Depósitos superficiales.....	86
Depósitos volcánicos.....	89
Elementos ambientales relevantes	90
Suelo y cobertura vegetal.....	90
Lagunas de tratamiento de aguas residuales.	94
Flujos de agua y quebradas.	95
Daños en infraestructuras viviendas, vías de acceso, puentes.	98
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
Conclusiones.....	102
Recomendaciones.....	103

BIBLIOGRAFÍA 104

ANEXOS..... 119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Resumen de eventos históricos cercanos a la zona de estudio</i>	31
Tabla 2 <i>Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes</i>	41
Tabla 3 <i>Clasificación de los deslizamientos (Varnes 1978)</i>	42
Tabla 4 <i>Nomenclatura básica y partes de un deslizamiento</i>	45
Tabla 5 <i>Elementos geológicos regionales cantón Chunchi</i>	60
Tabla 6 <i>Elementos geológicos locales cantón Chunchi</i>	63
Tabla 7 <i>Resumen de informes Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias</i>	72
Tabla 8 <i>Metodología levantamiento GPS</i>	76
Tabla 9 <i>Coordenadas de la zona de estudio</i>	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa Físico del Ecuador</i>	22
Figura 2 <i>Mapa de zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador</i>	23
Figura 3 <i>Mapa de zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador</i>	23
Figura 4 <i>Mapa de ubicación deslizamiento parroquia Guasuntos</i>	25
Figura 5 <i>Deslizamiento Parroquia Guasuntos-Actualidad</i>	26
Figura 6 <i>Mapa de ubicación deslizamiento Pueblo Viejo</i>	27
Figura 7 <i>Mapa de ubicación del deslizamiento de Pueblo Viejo</i>	28
Figura 8 <i>Mapa de ubicación deslizamiento La Josefina</i>	29
Figura 9 <i>Escarpes de movimientos en masa cercanos al cantón Chunchi</i>	32
Figura 10 <i>Características generales de un proceso de remoción en masa</i>	39
Figura 11 <i>Caídos o derrumbes</i>	43
Figura 12 <i>Inclinación o volteo</i>	44
Figura 13 <i>Partes de un deslizamiento</i>	46
Figura 14 <i>Deslizamiento rotacional</i>	47
Figura 15 <i>Deslizamiento traslacional</i>	48
Figura 16 <i>Flujos canalizados y no canalizados</i>	49
Figura 17 <i>Flujo de tierra</i>	50
Figura 18 <i>Flujo de lodo</i>	51
Figura 19 <i>Flujo de detritos o residuos</i>	52
Figura 20 <i>Deslizamiento tipo reptación</i>	53
Figura 21 <i>Deslizamiento tipo propagación lateral</i>	54
Figura 22 <i>Flujograma de procesos de recopilación de información</i>	55
Figura 23 <i>Flujograma de trabajo de campo</i>	56

Figura 24 <i>Ubicación del deslizamiento cantón Chunchi</i>	57
Figura 25 <i>Mapa geológico regional del Ecuador-Cantón Chunchi</i>	61
Figura 26 <i>Mapa geológico local del cantón Chunchi</i>	64
Figura 27 <i>Mapa de fallas del Ecuador y registros de sismicidad</i>	66
Figura 28 <i>Morfología cantón Chunchi</i>	68
Figura 29 <i>Río Picay antes y después del deslizamiento</i>	70
Figura 30 <i>Vista panorámica con evidencias de inestabilidad sector La Armenia</i>	71
Figura 31 <i>Zona pie del deslizamiento Chunchi</i>	73
Figura 32 <i>Vista frontal del deslizamiento Chunchi</i>	74
Figura 33 <i>Ortofoto cantón Chunchi año 2011</i>	75
Figura 34 <i>Comparación ortofotos cantón Chunchi (Antes y después del deslizamiento)</i>	75
Figura 35 <i>Vista en planta del deslizamiento actual Chunchi</i>	77
Figura 36 <i>Perfil longitudinal A-A'</i>	77
Figura 37 <i>Perfil longitudinal B-B</i>	77
Figura 38 <i>Perfil transversal C-C'</i>	78
Figura 39 <i>Escarpe principal flanco derecho</i>	80
Figura 40 <i>Escarpe principal flanco izquierdo</i>	81
Figura 41 <i>Deslizamiento tipo propagación lateral</i>	82
Figura 42 <i>Depósitos en capas subhorizontales formación Cisarán</i>	83
Figura 43 <i>Depósito origen volcánico sedimentario</i>	84
Figura 44 <i>Suelo arenoso arcilloso</i>	85
Figura 45 <i>Depósitos superficiales coluviales</i>	86
Figura 46 <i>Depósitos superficiales aluviales</i>	87
Figura 47 <i>Grietas de desecación en depósitos superficiales</i>	88

Figura 48 <i>Suelo limo plástico con arena</i>	88
Figura 49 <i>Depósitos volcánicos flanco izquierdo</i>	89
Figura 50 <i>Suelo areno limoso</i>	89
Figura 51 <i>Vista panorámica desde la corana del talud</i>	90
Figura 52 <i>Sector La Armenia-Zonas de cultivo y pastizales</i>	91
Figura 53 <i>Sector La Armenia-Zanja de riego sin revestimiento</i>	91
Figura 54 <i>Mangueras de conducción para agua</i>	92
Figura 55 <i>Escarpes secundarios flanco derecho</i>	92
Figura 56 <i>Piscinas de oxidación</i>	94
Figura 57 <i>Grietas piscinas de oxidación</i>	95
Figura 58 <i>Flujo de agua y quebradas</i>	96
Figura 59 <i>Ojos de agua flanco derecho</i>	97
Figura 60 <i>Edificaciones existentes inhabitadas</i>	98
Figura 61 <i>Vías de acceso afectadas</i>	100
Figura 62 <i>Puente de hormigón río Picay</i>	101

RESUMEN

En el mes de febrero del año 2021 en el cantón Chunchi se produjeron grandes deslizamientos de tierra, el lugar al estar ubicado en la provincia de Chimborazo entre las estribaciones de la cordillera de los Andes, ha sido por muchos años considerado propenso a este tipo de eventos. Las características geológicas, geotécnicas, ambientales que están presentes en la zona influyen de manera significativa en el desenlace de catástrofes. Se han realizado varios estudios y censos, donde la información emitida por las autoridades del cantón y a nivel nacional detallaron una serie de daños en obras lineales, infraestructuras, desplazamiento de la población, lo que es traducido como pérdidas económicas significativas para los habitantes. Existen muchas hipótesis que se asumen dieron origen al deslizamiento de tierra, dentro del presente trabajo se realiza una investigación documental aplicando un análisis a la información obtenida para tener un contexto de los hechos suscitados. Además de identificar y caracterizar las observaciones realizadas en la zona se realizará un modelo digital en planta del área del deslizamiento que valide la información recopilada y sea un aporte para futuras investigaciones del sector o de sitios inestables en la misma región.

Palabras Clave:

- **MOVIMIENTOS EN MASA**
- **DESLIZAMIENTOS**
- **CHUNCHI**

ABSTRACT

In the month of February of the year 2021 in the Chunchi canton there were large landslides, the place being located in the province of Chimborazo between the foothills of the Andes mountain range, it has for many years been considered prone to this type of events. The geological, geotechnical, and environmental characteristics that are present in the area significantly influence the outcome of disasters. Several studies and censuses have been carried out, where the information issued by the canton authorities and at the national level detailed a series of damages in linear works, infrastructures, displacement of the population, which is translated as significant economic losses for the inhabitants. There are many hypotheses that are assumed to give rise to the landslide, within this work a documentary investigation is carried out applying an analysis to the information obtained to have a context of the events raised. In addition to identifying and characterizing the observations made in the area, a digital model of the landslide area will be made to validate the information collected and be a contribution to future investigations of the sector or of unstable sites in the same region.

Key words:

- **MASS MOVEMENTS**
- **LANDSLIDES**
- **CHUNCHI**

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

Introducción

Los deslizamientos son fenómenos que ocurren en muchas regiones del mundo y en más aún en Ecuador que por variables como su localización en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico” forma parte de los países ubicados en una región geodinámica, agregando a esto la variabilidad climática y el aumento de las posibilidades de inundación en las regiones costeras por la influencia directa del fenómeno “El Niño” y factores antrópicos han ido acelerando estos eventos. (Pin , 2018) (Organización Panamericana de la Salud),

La generación de un deslizamiento es uno de los procesos geológicos naturales más destructivos responsable de impactos sociales, pérdidas económicas significativas y efectos negativos sobre los ecosistemas. (Brabb & Harrod, 1990) (Santamarta Cereza, Hernández Guitiérrez, & Arraiza Bermudez, 2014).

Los desastres en América Latina se producen en su gran mayoría debido a la ubicación del continente, se encuentra en áreas tropicales y ecuatoriales, las intensas lluvias en las áreas montañosas son responsables de eventos como inundaciones o deslizamientos de tierra, otro claro ejemplo ocurre a lo largo del continente la Oscilación de El Niño desencadena amenazas geomorfológicas, los huracanes en México y América Central que provocan también inundaciones y deslizamientos de tierra catastróficos, son pocos pero claro ejemplos de los peligros naturales. (García, Nieto Ferreira, & Latrubesse, 2009)

Ecuador es considerado un país con una gran biodiversidad, variables como la ubicación geográfica, características geológicas, topográficas, climáticas, precipitación, temperatura, fertilidad de los suelos y dotación de recursos naturales hacen que el país sea considerado como

un lugar apto para el desarrollo de varias actividades, sin embargo, los eventos naturales también son característicos del territorio. La probabilidad de ocurrencia de desastres es muy alta, algunos factores como el mal uso del suelo, la densidad poblacional, todas aquellas acciones realizadas por el hombre hacia el medio ambiente junto con los fenómenos naturales forman los detonantes para eventos en gran magnitud. (Bustamante Calderón, 2018). En las regiones andinas y sub-andinas se concentran los principales casos históricos de movimientos en masas del país, los desplazamientos predominantes son los de tipo rotacional, sin embargo, cada uno presenta factores detonantes y factores condicionantes. (Demorales & D'ércole, 2001)

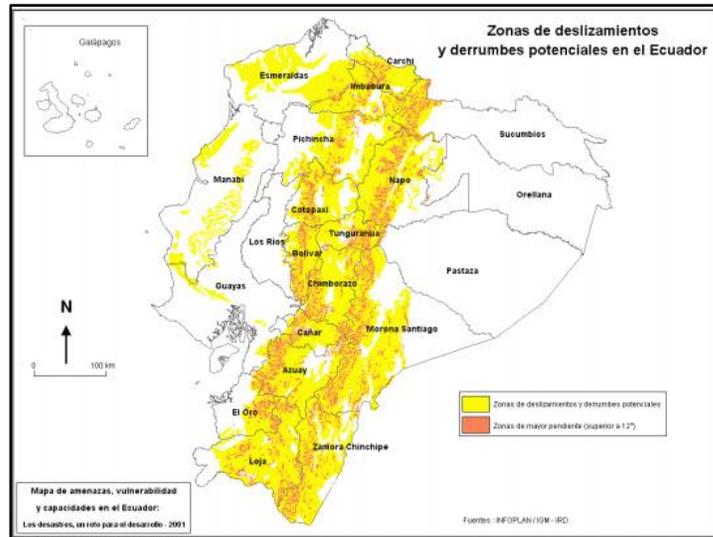
Antecedentes históricos

Existen deslizamientos muy antiguos que se han producido hace varios años, muchos de estos a simple vista parecen estar estables, pero cuando influyen ciertos factores como lluvias constantes o intensas, movimientos sísmicos, sobrecargas del suelo o a factores antrópicos (eventos directamente provocados por el hombre o parcialmente agravados por actividades realizadas por los mismos) causan grandes impactos afectando a la topografía, cambio de circulación del agua, cambios en el uso del suelo, envejecimiento de la infraestructura, daños económicos, pérdidas de vida y de bienes, entre otros. (Lozano, Küppers, & Bussmann, 2007) (Aversa, Leonardo, Picarelli, & Scavia, 2016)

Ecuador territorial está ubicado en la parte noroeste de América del Sur, se encuentra en uno de los sistemas montañosos más grandes del mundo, la cordillera de los Andes tiene 7200 kilómetros de longitud, 240 kilómetros de ancho y un promedio de 3660 metros de altura (Ochoa Arias, 2015). La cadena de montañas divide al país en tres unidades fisiográficas, con forma de relieve y geología diferente.

Figura 2

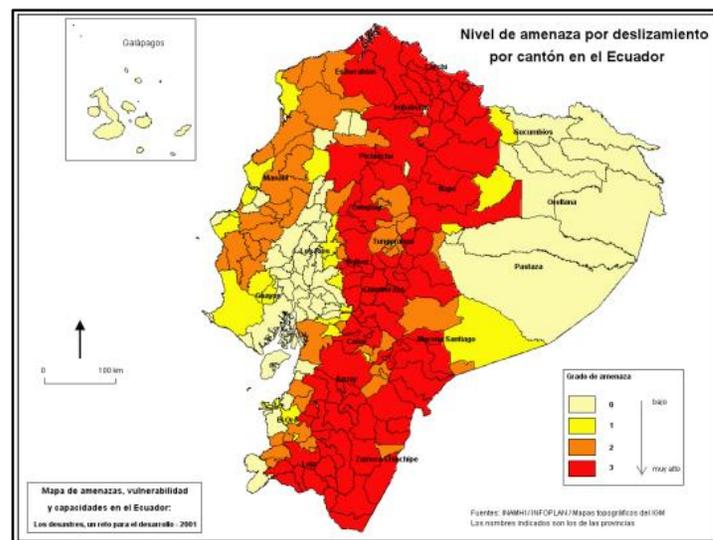
Mapa de zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador



Nota. Tomado de (Demorales & D'ércole, 2001)

Figura 3

Mapa de zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador



Nota. Tomado de (Demorales & D'ércole, 2001)

Según Pazos y Vinueza (1990) en nuestro país solamente entre los años de 1980 y 1990 hubo un promedio anual de cincuenta víctimas mortales aproximadamente en la región andina debido a estos eventos. (Hall, 2000).

Para comenzar la presente investigación histórica se recopiló información de noticias, publicaciones, investigaciones realizadas donde se evidencia el riesgo de amenaza y la vulnerabilidad de la Región Sierra frente a los deslizamientos

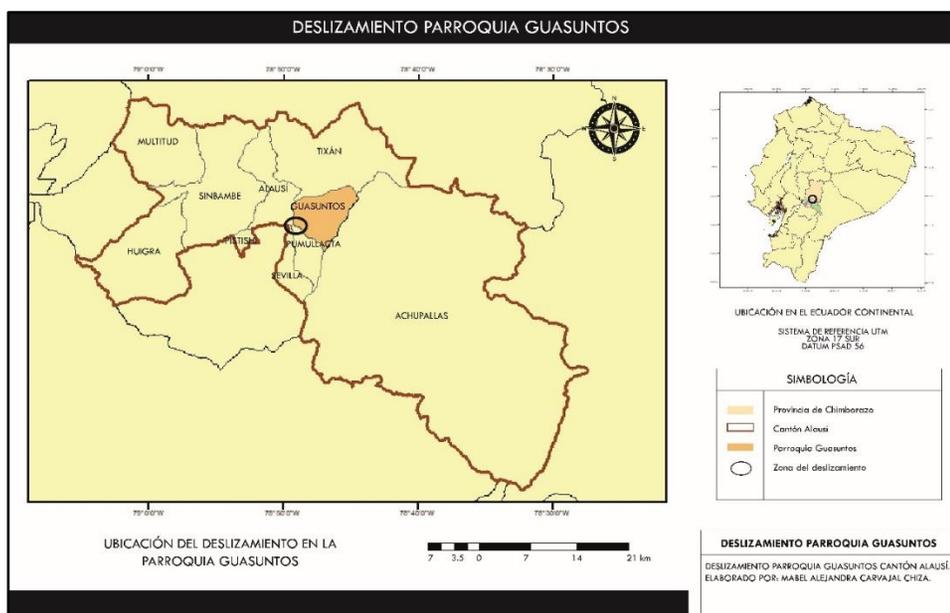
A continuación, se describirán algunos de los movimientos de masa más relevantes, considerando importante resaltar la vulnerabilidad geológica, morfológica entre otros aspectos ambientales y antrópicos que influenciaron en los eventos.

Deslizamiento Guasuntos

El deslizamiento se dio en el sector de la Moya, perteneciente a la parroquia de Guasuntos, cantón Alausí. Uno de los movimientos de aproximadamente 1,5 millones de metros cúbicos de tierra que se dieron el 3 de febrero del 2000 represaron el río Zula y dejaron víctimas mortales y pérdidas económicas significativas. (GAD PARROQUIAL RURAL DE GUASUNTOS, 2019).

Figura 4

Mapa de ubicación deslizamiento parroquia Guasuntos



Geomorfología parroquia Guasuntos. De acuerdo a informes analizados por el GAD de la parroquia Guasuntos, tiene una geomorfología dividida en colinas medianas 4,18%, relieve escarpado 8,89%, valles interandinos 4,68%, relieve montañoso 10,60%, superficies de aplanamiento 8,89%, vertientes irregulares, cóncavas, convexas 62,76%. (GAD PARROQUIAL RURAL DE GUASUNTOS, 2019).

Causas del deslizamiento. Los movimientos en masa son eventos generalmente evidenciados en los valles relacionados con el río Chanchán, los factores condicionantes son los litológicos, estructurales, morfológicos y los detonantes la gravedad, el viento y las precipitaciones que influyen en los taludes según menciona en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia.

Las condiciones geodinámicas del sector afectan directamente al cantón Alausí, al estar atravesado por el sistema de fallas denominadas Bulubulu (parte del sistema de fallas La Moya-

Cobshe) y Peltetec, de acuerdo a la información cartográfica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INHAMI, el área con mayor vulnerabilidad a riesgos o desastres naturales, estaría en su mayoría a lo largo del río Guasuntos.

Figura 5

Deslizamiento Parroquia Guasuntos-Actualidad

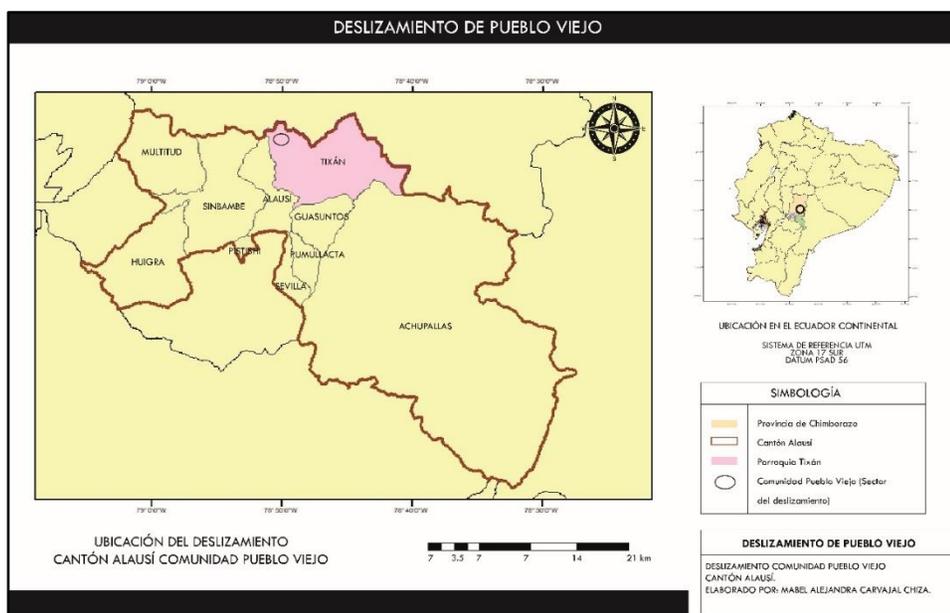


Deslizamiento Pueblo Viejo

La comunidad de Pueblo Viejo se encuentra en la parroquia de Tixán perteneciente al cantón Alausí, provincia de Chimborazo, aproximadamente a 20 kilómetros de Chunchi a una altura de 2410 metros del nivel del mar. Se conoce que en la zona entre la década de 1970 y 1980 se realizaba la explotación de la mina de azufre, además de que era un sector dedicado a la agricultura, ganadería, donde la falta de servicios básicos como alcantarillado y las intensas lluvias actuaban como factores detonantes para el deslizamiento de aproximadamente 50000 metros cúbicos. (Samaniego, 2008)

Figura 6

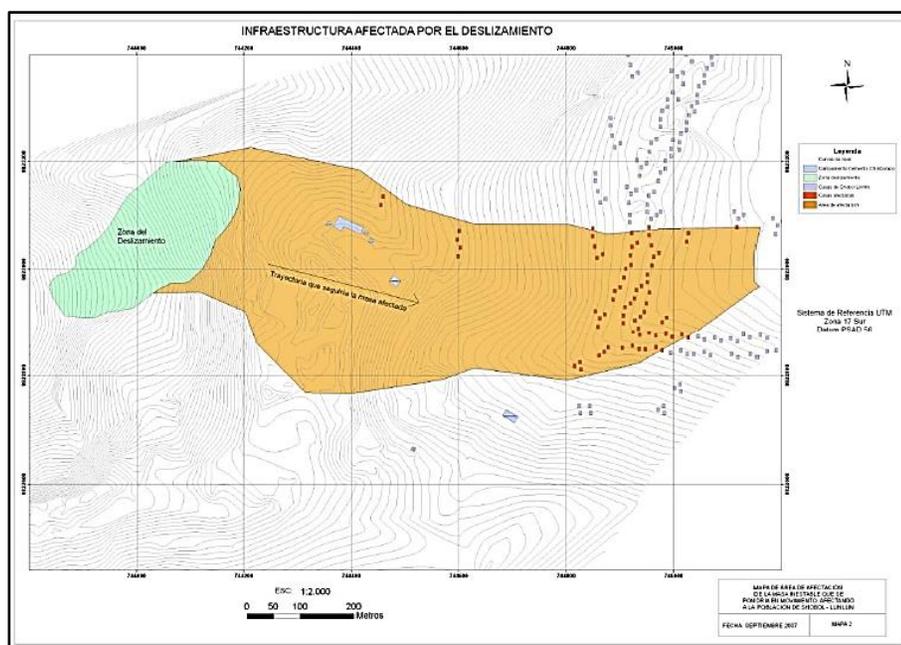
Mapa de ubicación deslizamiento Pueblo Viejo



Causas del deslizamiento Pueblo Viejo. Según investigaciones realizadas por Samaniego se menciona que a través de estudios se determinó que el agua era destinada a regar terrenos de cultivos afectando a la parte superior de las pendientes de la zona, es decir el inadecuado y mal uso del agua se evidenció en la zona, además el incremento de procesos de deforestación, la falta de infraestructura hidráulica para la comunidad, abundantes precipitaciones y la despreocupación de técnicos en el control manejo del suelo y agua del sector fueron los factores claves y detonantes para que se dé un desplazamiento relativamente rápido del movimiento de masas.

Figura 7

Mapa de ubicación del deslizamiento de Pueblo Viejo



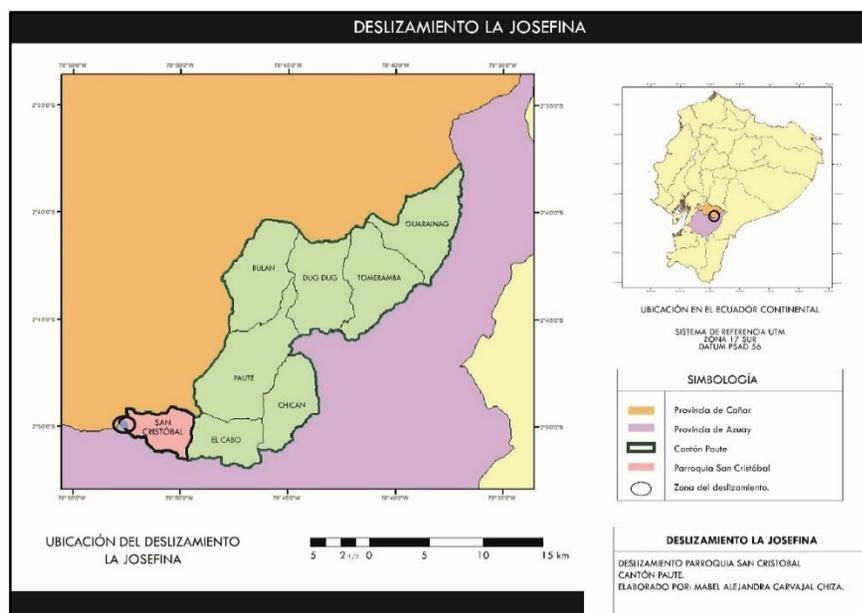
Nota. Tomado de (Samaniego, 2008)

Deslizamiento "La Josefina"

En el Austro ecuatoriano entre las provincias de Azuay y Cañar, el 29 de marzo del año 1993 el flanco izquierdo del valle del río Paute en la loma Parquiloma se produjo un evento complejo el cual fue denominado "La Josefina" como resultado del evento se formó un área inestable deslizando aproximadamente 20 millones de metros cúbicos de tierra y piedras (Plaza Nieto & Zevallos Moreno, 1994) que taponaron el río Paute cuyos afluentes el río Cuenca y el río Jadán forma un embalse de 200 millones de metros cúbicos. Este evento provocó la muerte y desaparición de cerca de 150 personas y un saldo de 7000 damnificados. (Zeas Domínguez, 2013)

Figura 8

Mapa de ubicación deslizamiento La Josefina



Aspectos físicos y geográficos del sector “La Josefina”. El deslizamiento ocurrió en la zona sur del país en el cantón Paute, parroquia San Cristóbal en el cauce del río Cuenca. El clima en el área es temperado y seco, con lluvias anuales variables entre 500 a 1000 mm y temperaturas entre 14° y 18°. Las terrazas aluviales eran utilizadas para actividad agroindustrial y artesanal. (Salazar & Acosta, 1993). Paralelo al cauce del río cerca de la zona del Tahal, se encontraban obras lineales como carreteras, y el importante proyecto hidroeléctrico Paute localizado exactamente a 50 kilómetros aguas abajo del sitio del deslizamiento.

El deslizamiento aparentemente de tipo rotacional presenta material fisurado, alterado y presenta una mezcla heterogénea con suelo de granulometría variada desde limos arcillosos, plásticos a gravas y bloques angulares correspondiente al denominado Tonalita (Zeas Domínguez, 2013)

Aspectos geológicos del sector “La Josefina”. El deslizamiento se produjo sobre una cuenca sedimentaria interandina del período neógeno que comprende el período de la era terciaria entre el mioceno y el plioceno donde la distribución de la tierra es similar a la actual, evidenciando areniscas rojas y grises, micro conglomerados y una composición volcánico-sub volcánico de andesítica con ocurrencias escasas de dioritas de grano fino a medio. (Plaza Nieto & Zevallos Moreno, 1994)

En el área se ha determinado un sistema principal de fallas de dirección N50 que afecta parcialmente al conjunto sub volcánico. El análisis de fotografías aéreas tomadas de los años 196,1980 y 1989 muestra que en la zona hay numerosos y evidentes deslizamientos antiguos. En el lugar donde se produjo el deslizamiento de 1983 existió un deslizamiento con un escarpe de aproximadamente 80 metros de altura un ancho promedio de la masa deslizada de 500 metros y un espesor estimado de 100 metros. (Plaza Nieto & Zevallos Moreno, 1994)

Conclusiones del deslizamiento “La Josefina”. Se considera que hubo un movimiento violento con dirección general Norte-Sur. Según estudios realizados por diversas entidades la causa del peligro fue la conjunción de fenómenos geológicos y meteorológicos y además las actividades de explotación de canteras ejercidas por los humanos, entonces una de las conclusiones fue: el desastre de La Josefina es un claro ejemplo del desequilibrio en la relación del ser humano y la sociedad con la naturaleza, no fue un problema de naturaleza. Se demostró la necesidad de prepararnos para convivir con desastres. (Plaza Nieto & Zevallos Moreno, 1994) (Borja Núñez, 1993)

Tabla 1

Resumen de eventos históricos cercanos a la zona de estudio

Deslizamiento	Características
Deslizamiento Parroquia Guasuntos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ubicación:</i> Cantón Alausí, Parroquia Guasuntos, Sector La Moya • <i>Distancia al deslizamiento cantón Chunchi:</i> Aproximadamente 14,4 kilómetros. • <i>Cantidad de material removido:</i> Aproximadamente 1,5 millones de metros cúbicos • <i>Causas del evento:</i> Factores litológicos como la falla de Bulubulu que atraviesa el cantón, morfología del terreno, precipitaciones elevadas afectan a la estabilidad de taludes a lo largo del Río Guasuntos.
Deslizamiento Comunidad Pueblo Viejo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ubicación:</i> Cantón Alausí, Parroquia Tizán, Comunidad Pueblo Viejo • <i>Distancia al deslizamiento cantón Chunchi:</i> Aproximadamente 20 kilómetros. • <i>Cantidad de material removido:</i> Aproximadamente 50000 de metros cúbicos • <i>Antecedentes relevantes:</i> Sector dedicado a la agricultura, ganadería, explotación de minas de azufre • <i>Causas del evento:</i> Alteración de la morfología del terreno, altas precipitaciones, manejo inadecuado y mal uso del agua para diferentes actividades antropológicas.
Deslizamiento La Josefina	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ubicación:</i> Provincias de Azuay y Cañar • <i>Distancia al deslizamiento cantón Chunchi:</i> Aproximadamente 60 kilómetros. • <i>Cantidad de material removido:</i> Aproximadamente 20 millones de metros cúbicos • <i>Antecedentes relevantes:</i> Lugar de explotación de canteras, previo al mega deslizamiento se produjeron una serie de deslizamientos en menor escala que fueron "controlados". • <i>Causas del evento:</i> Actividades de explotación de canteras produciendo una desestabilidad de taludes que se vio agravado con la influencia de fenómenos geológicos y meteorológicos

Figura 9

Escarpes de movimientos en masa cercanos al cantón Chunchi



Nota. Tomado de (Pilatasig,2021)

Planteamiento del Problema

Antecedentes preliminares y descripción del problema

De acuerdo a datos registrados por el SNGRE de los fenómenos ocurridos entre los años 2010 y 2019 el cantón tuvo un porcentaje del 44,03% de eventos correspondientes a deslizamientos, hundimientos o socavamientos, siendo de esta manera la amenaza más recurrente. Desde el mes de enero del año 2021 en el sector se evidenció rasgos de inestabilidad, caracterizados por la presencia de grietas, hundimientos, deslizamientos en el terreno y afloramientos agua subterránea y características representativas en macizos rocosos. (Andagoya, Alquina, Reina, & Coronel, 2021).

Siendo el evento más importante el del día viernes 12 del mes de febrero, un deslizamiento masivo de tierra en sector de La Armenia ocasionó según informes emitidos por la

Secretaría Nacional de Riesgos y Emergencias (SNGRE) en apoyo con estudios realizados por el Instituto Geográfico Militar (IGM) un movimiento de masa afectando a un área aproximada de 115,35 hectáreas con un volumen aproximado de 30 millones de metros cúbicos.

Luego de aquel evento catastrófico no se han realizado investigaciones o estudios que demuestren las causas que provocaron el movimiento de masas, se piensa que la zona se encuentra “estable”, sin embargo, se pretende con este proyecto realizar un reconocimiento e identificación del sitio y de los estratos de suelo, propiedades físicas y mecánicas que son similares a lo largo de la provincia de Chimborazo y de la región Sierra. (Demorales & D´ercole, 2001)

Analizando toda la información existente se pretende analizar características de elementos geológicos, geotécnicos y ambientales, además de caracterizar los movimientos y evidencias para proponer medidas de mitigación que ayuden a evitar futuros deslizamientos.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la información existente y caracterizar las evidencias recolectadas en campo del deslizamiento ocurrido el 12 de febrero del año 2021 en el sector La Armenia ubicado en el cantón Chunchi provincia de Chimborazo, con la finalidad de conocer las posibles causas que influenciaron al movimiento de masas.

Objetivos Específicos

- Recolectar información bibliográfica de informes, planos topográficos, fotos, revistas, publicaciones, periódicos, investigaciones anteriores del sector o sitios aledaños al deslizamiento de Chunchi.

- Elaborar un plano en planta con GPS y un perfil o sección a lo largo del sitio de estudio para conocer las condiciones actuales del deslizamiento y la caracterización de los movimientos del evento.
- Identificar los elementos geológicos, geotécnicos y ambientales relevantes que determine las características del movimiento en masa del sector.

Justificación

Ecuador se ha visto afectado por la interacción de varios factores geológicos, geotécnicos, ambientales y actividades antropológicas, esto ha provocado que se desarrollen eventos como los movimientos en masa, dependiendo de la intensidad y durabilidad, tipos de material involucrados, entre otras variables se produzca un cambio general de paisaje en la zona. En el cantón Chunchi y sectores aledaños se evidencia como un antecedente varios movimientos de masa clasificados como deslizamientos, convirtiéndolos en una zona propensa a catástrofes con consecuencias irreparables como pérdidas de vida, de bienes y afectaciones económicas. El día 12 de febrero del año 2021 se produjo un masivo movimiento de tierra, la información existente del evento no es suficiente para poder evaluar los daños causados ni las posibles consecuencias que influenciaron al desplazamiento de material. A partir de la recopilación de información de fuentes bibliográficas primarias y secundarias, hemerográficas, audiovisuales, y visitas técnicas se pretende obtener datos de lo que hasta la actualidad ha sido el área afectada y los factores que pudieron ser la posible causa para desencadenar este evento.

Importancia

Importancia Científica

Los estudios realizados en la zona del deslizamiento serán un gran aporte a futuras investigaciones a nivel local y regional de la Sierra del Ecuador. Hacer un reconocimiento, identificación y evaluación detallada de los elementos observados e información recopilada

existente del sitio permitirá conocer y entender el comportamiento del deslizamiento para proponer medidas de mitigación y alternativas de mejora de equilibrio entre la naturaleza y las actividades.

Importancia Económica

El cantón Chunchi posee una gran variedad climática y geomorfológica, se caracteriza por ser una zona eminentemente agrícola y pecuaria (GAD CHUNCHI, 2002). Los deslizamientos ocurridos han ocasionado pérdida de ganado y pérdida de productos, edificaciones que involucra una pérdida económica significativa para la población del sector. Los desplazamientos de tierra involucran para los habitantes de Chunchi preocupación y un constante miedo por su vida y sus bienes, realizar investigaciones y conocer lugares de futuras amenazas involucra resguardar el bienestar de los habitantes.

Alcance

La trascendencia de esta investigación radica en la concientización hacia los profesionales sobre la importancia de realizar estudios y evaluaciones del uso de suelo en los sectores del cantón evidenciado donde se puede realizar trabajos sea para beneficio de la comunidad o personal de los habitantes brindando calidad de vida.

Las autoridades competentes deben adquirir un compromiso con los pobladores brindándoles acceso a la información verídica y aplicando mecanismos que permitan el control sobre el uso adecuado del suelo evitando pérdidas de vida, económicas en futuros desastres.

Beneficiarios***Beneficiarios directos:***

- Autoridades, técnicos, pobladores del cantón Chunchi.

Beneficiarios Indirectos

- Investigadores, docentes, estudiantes y demás personas interesadas en realizar futuros estudios del sector o de lugares aledaños a la zona de estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Movimientos en masa

Estos fenómenos relacionados con la geodinámica externa de la corteza terrestre comúnmente son conocidos en términos populares como: deslaves, caídas de piedras, derrumbes, deslizamientos, hundimientos han sido durante estos últimos años considerados como las amenazas más frecuentes. (Pazos & Vinueza, 1990)

Se definen como el movimiento de una masa de roca, escombros o tierra a lo largo de una ladera o talud que por efectos de gravedad se desplazan vertiente abajo (Cruden D. , 1991). Generalmente estos materiales se mueven sobre una superficie de falla que define el tipo de deslizamiento. La primera evidencia de que se va a producir un deslizamiento son las grietas transversales que se localizan en la zona cercana al esparce principal, son frecuentes de laderas entre 20 y 50 grados con formaciones geológicas poco resistentes y cohesivas, laderas formadas por rocas estratificadas y también terraplenes antrópicos. (Alcántara Ayala, Landslices ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, 1999) .

Estos eventos modifican las diferentes formas del terreno, cambiando abruptamente la topografía, donde bajo la influencia de los procesos naturales como relieve escarpado, meteorización o alteración de los macizos rocosos, lluvias intensas y sismicidad, topografía y actividades humanas producen el cambio progresivo de las propiedades mecánicas de los materiales ya sea por el incremento de esfuerzos o por la reducción de resistencia. (Wang & Sassa, 2003).

Considerándose como el tercer riesgo natural a nivel mundial, puede causar pérdidas económicas y sociales al afectar a las actividades humanas y daños materiales en

infraestructuras de diferentes obras lineales. El volumen de daños es superior al de terremotos y las inundaciones, sin embargo, un gran porcentaje de pérdidas causadas por estos eventos se pueden evitar identificando el problema e implementando medidas de mitigación y control.

(Copons Llorens & Tallada Masquef, 2009) (Suárez, 2009)

Talud

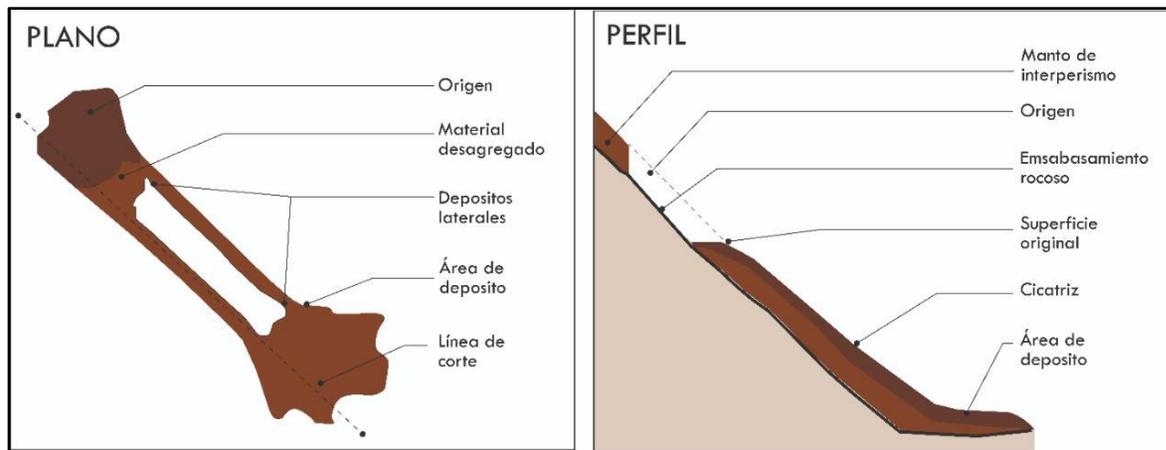
Un talud o también denominado ladera presenta una pendiente o variaciones significativas de altura, es decir es una masa de tierra que varía en elevación y pendiente. Se puede definir una diferencia entre los conceptos técnicos de talud y ladera, siendo talud una formación artificial y ladera un proceso de origen natural, sin intervención humana. (Suarez Diaz, 1998)

Las clasificaciones existentes de los movimientos en masa son esencialmente geomorfológicas y algunas de ellas considera condiciones geológicas o mecánicas. Dentro de las etapas en la clasificación de los movimientos De Matteis (2003) considera:

- a) Etapa antes de la falla o deterioro, dentro de esta fase el suelo está intacto.
- b) Etapa de falla, está caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento importante de una masa de material.
- c) Etapa post-falla, dentro de esta fase se incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el instante en el cual se detiene totalmente.
- d) Por último, se considera una posible reactivación para esta se considera que pueden ocurrir movimientos en una nueva falla, e incluye las tres etapas anteriores. (De Matteis, 2003)

Figura 10

Características generales de un proceso de remoción en masa



Fuente: (Vieira Marcelino, 2003)

Nota. Adaptado de (Vieira Marcelino, 2003)

Factores condicionantes y detonantes en la estabilidad

Terzaghi (1950) postula que la estabilidad de un talud depende de factores internos y externos y su análisis lo realiza a partir de fuerzas actuantes y de fuerzas resistentes.

Fenómenos condicionantes o pasivos. A estos factores normalmente se les conoce como los intrínsecos, que dependen de la propia naturaleza y son relativos a propiedades físicas variables y su influencia dentro de la resistencia y del comportamiento de los materiales. Dentro de esta clasificación se incluye las características de estructura como litológicas, morfológicas, la geología, condiciones hidrogeológicas y factores antropogénicos. (Alcántara Ayala, ResearchGate, 2010) (Geoquantis, 2019)

- Geología: este factor permite conocer los límites de estabilidad del terreno y el marco litológico sobre el que está asentado un lugar. La litología dentro de una formación geológica es un elemento indispensable en el estudio de deslizamientos, estabilidad de

taludes, composición química y la estructura mineralógica de los suelos influyen en la resistencia y vulnerabilidad. (Buitrón, 2014).

- Geotecnia: Las propiedades del suelo como la distribución del tamaño del grano, la plasticidad, la compresibilidad y la resistencia al corte, etc. son objeto de estudio de la Mecánica de Suelos y se pueden determinar a través de ensayos de laboratorio o in situ donde se evita por completo la alteración de las muestras obteniendo resultados más cercanos a la realidad. (Braja M Das, 1999).
- Geomorfología: La geomorfología es el resultado de los procesos dinámicos externos en la Tierra, la formación de relieves dependiendo de procesos estructurales como fallas, de vulcanismos, litologías, que junto con la variable tiempo han creado características muy particulares donde se desarrolla una variedad de ecosistemas. (Castro, Romero , Loarte, & Galeas, 2013)
- Hidrología: Para un enfoque hidrogeológico es necesario conocer características geológicas, estratigráficas, litológicas, tectónicas, geomorfológicas, otras naturales y artificiales que determinan las condiciones de formación, movimiento, alimentación y descarga de las aguas subterráneas. (INERHI-PREDESUR-CONADE)

Fenómenos detonantes. Conocidos como el conjunto de factores o variables que influyen en las condiciones de equilibrio del talud o la ladera, son responsables por lo general de la magnitud y velocidad del deslizamiento. Uno de los factores desencadenantes son los antrópicos que han desarrollado graves efectos al no ser técnicamente planificados y ejecutados algunos ejemplos son los cortes y rellenos para construcciones de carreteras, asentamientos de poblaciones en laderas, prácticas agrícolas, deforestación, cambios en las condiciones hidrogeológicas, precipitaciones intensas, sobrecargas estáticas, erosión frecuentemente son las consecuencias de acciones antrópicas. (Abril A. , 2011) (Geoquantis, 2019)

Tabla 2

Factores influyentes en la inestabilidad de los taludes

Factores condicionantes	Factores desencadenantes
Estratigrafía y litología	Sobrecargas estáticas
Estructura geológica	Cargas dinámicas
Condiciones hidrogeológicas y comportamiento hidrogeológico	Cambios en las condiciones hidrogeológicas
Propiedades físicas, resistentes y deformacionales	Factores climáticos
Tensiones naturales y estado tenso-deformacional	Variaciones en la geometría y reducción de parámetros resistentes.

Nota. Tomado de (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Tipos de movimientos de masa

La clasificación de deslizamientos pretende describir e identificar los cuerpos que están en movimiento relativo. (De Matteis, 2003).

Para la clasificación los movimientos en masa se presenta la Tabla 3. Clasificación de los deslizamientos propuesta por Varnes (1978); este investigador utiliza dos criterios, el primer criterio depende del tipo de movimiento pudiendo ser: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos y propagación lateral, y segundo tipo de material: suelo y roca, sin descartar que puede surgir una combinación entre los dos criterios mencionados. (Aristizábal, Martínez, & Vélez, 2010).

Tabla 3*Clasificación de los deslizamientos (Varnes 1978)*

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación Lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de rocas
	Avalancha de detritos
Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuefacción (de arena, limo, detritos, roca fracturada)	
Reptación	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Nota. La tabla muestra la clasificación de los deslizamientos por Varnes 1978. Recuperado de (INDECI, 2011)

Caídos o derrumbes

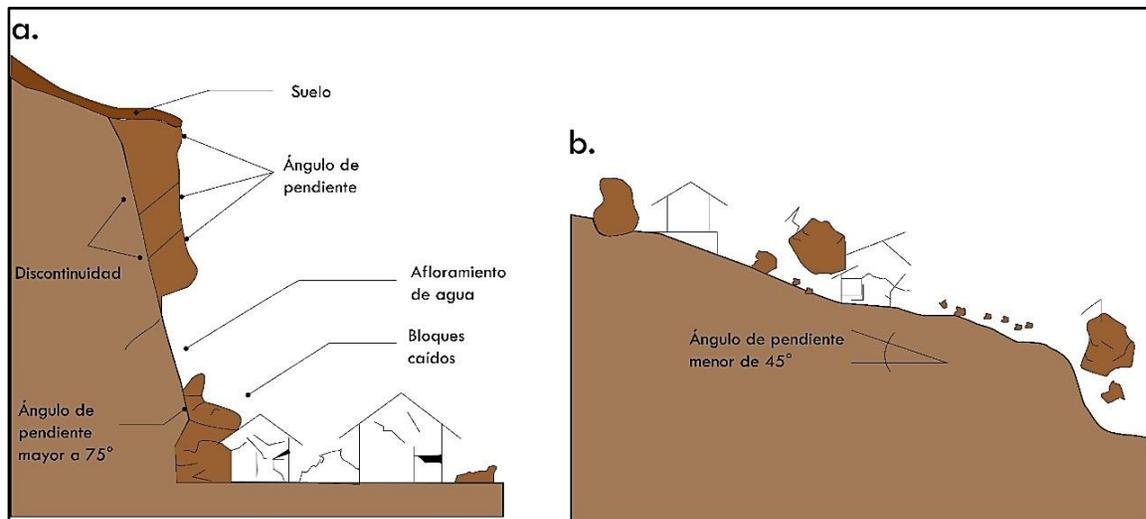
Este desplazamiento se produce principalmente en un talud de pendiente pronunciada, en caída libre, a saltos o rodando. En este movimiento ocurre ningún o muy poco deslizamiento de corte. (Suarez Diaz, 1998).

El movimiento en caída libre ocurre cuando la pendiente superficial es de más de 75 grados, especialmente en las terrazas producto de depósitos aluviales, pero cuando los taludes presentan un ángulo entre 45 grados o menos los materiales tienden a rodar según

observaciones se dice que los caídos son considerados como movimientos rápidos a extremadamente rápidos. (De Matteis, 2003).

Figura 11

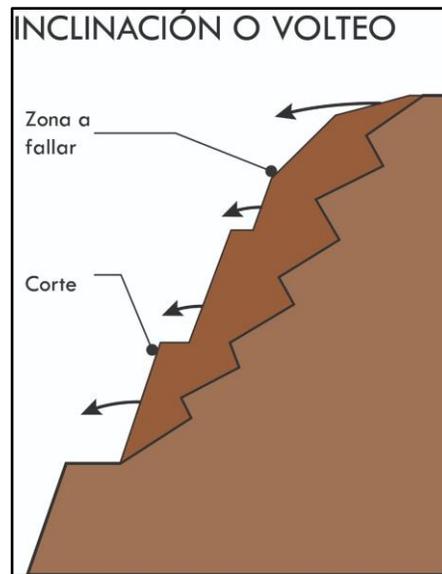
Caídos o derrumbes



Nota. Adaptado de (Súarez, Deslizamientos, 2009)

Inclinación o volteo

Este fenómeno consiste en la rotación o giro de medios rocosos con presencia de un punto pivote. En este movimiento una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud con una pendiente muy pronunciada. (Mora Chinchilla) (De Matteis, 2003)

Figura 12*Inclinación o volteo*

Nota. Adaptado de (Súarez, Deslizamientos, 2009)

Deslizamientos

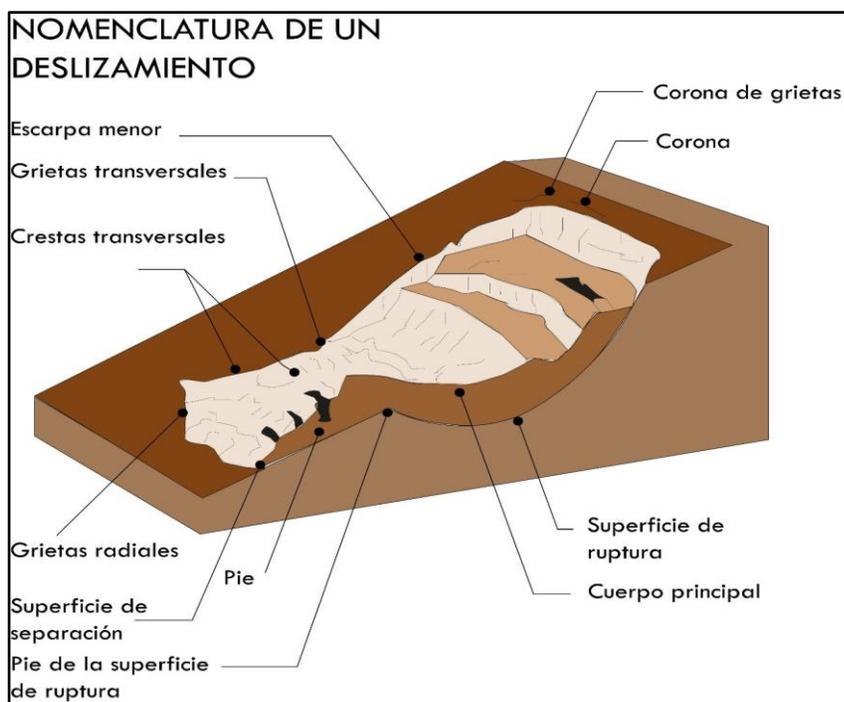
Los deslizamientos son movimientos descendentes de material roca, suelo no consolidado o mezcla de ambos que se desarrolla sobre superficies de contacto. Los deslizamientos según Varnes (1978), se clasifican en los rotacionales y los traslacionales. Se producen sobre una o varias superficies de ruptura bien definidas, se desplaza en conjunto. (Frausto Martínez, 1998)

Partes de un deslizamiento. A continuación, se detallará la nomenclatura típica de un deslizamiento y algunos términos básicos según Suárez (2009) y Varnes (1978)

Tabla 4*Nomenclatura básica y partes de un deslizamiento*

Nomenclatura del deslizamiento	Descripción
Corona	Sector de la ladera que no ha fallado es decir el material que se encuentra en el sitio no ha sido alterado se localiza arriba del desplazamiento y está adyacente al escarpe principal
Cabeza	Parte superior de la masa del material que ha sido desplazado.
Escarpe principal	Superficie inclinada casi a un ángulo de 90 grados, localizada en el límite del desplazamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si se realiza una proyección del escarpe se obtiene la superficie de ruptura.
Escarpe secundario o menor	Superficie muy inclinada se produce dentro de la masa que se mueve.
Superficie de falla o de ruptura	Área que se encuentra debajo de toda la masa, delimita el volumen del material desplazado.
Pie o Base	Área cubierta por el material desplazado que se encuentra debajo de la superficie de ruptura.
Cuerpo principal del deslizamiento	El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Existen varios cuerpos de movimiento
Flanco	Costado del deslizamiento; es recomendable emplear las palabras derecha e izquierda éstas siempre se tomarán como base para su orientación desde la corona hacia el pie.
Material desplazado	Material que se ha movido de la posición original sobre la pendiente

Nota. Tomado de (Súarez, Deslizamientos, 2009) & (Varnes, 1978)

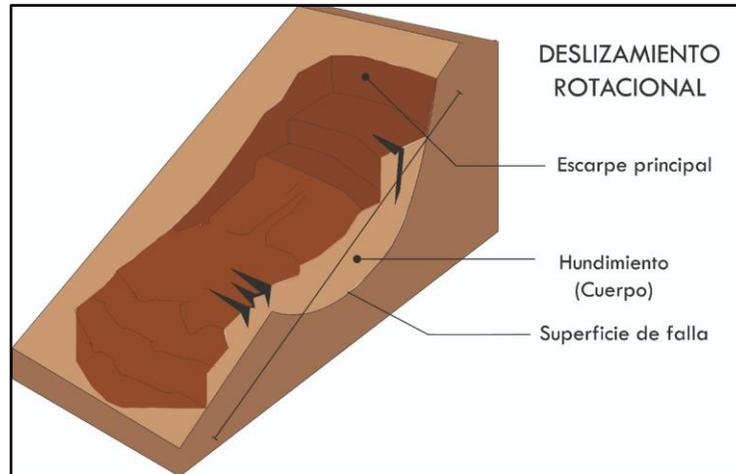
Figura 13*Partes de un deslizamiento*

Fuente: (Súarez, Deslizamientos, 2009)

Nota. Adaptado de (Súarez, Deslizamientos, 2009)

Deslizamiento rotacional. Movimiento lento a lo largo de una o varias superficies de ruptura circular o cóncava. El desplazamiento de masas tiene una naturaleza rotacional alrededor de un eje paralelo al talud generalmente debido al tipo de mecanismo rotacional se auto estabilizan y se producen en materiales homogéneos o macizos rocosos muy fracturados. (De Matteis, 2003) (GEMMA, 2007)

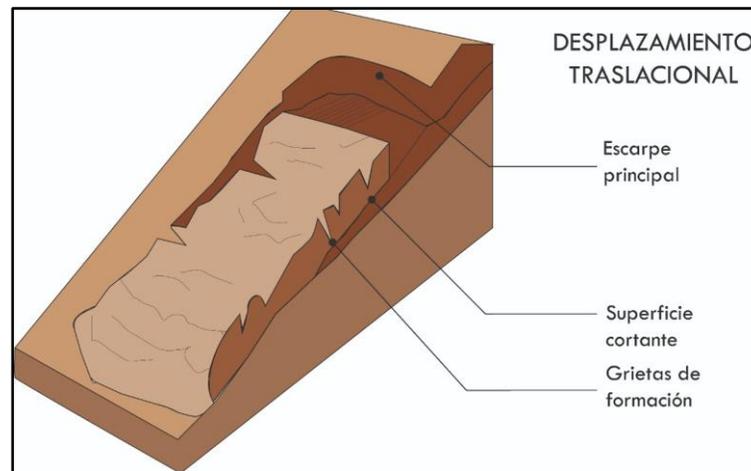
Este tipo de movimientos involucran volúmenes tanto pequeños como grandes de material eventualmente los cuales a medida que se desplazan se van distorsionando y provocando eventos complejos. (INDECI, 2011)

Figura 14*Deslizamiento rotacional*

Nota. Adaptado de (USGS, 2004)

Deslizamiento de traslación. Los deslizamientos traslacionales son movimiento se da cuando la superficie de discontinuidad bien definidas que se producen a lo largo de fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y suelo residual (Cruden & Varnes, 1996).

Según Hutchinson (1988) este tipo de deslizamiento involucra que el material se desplace de forma casi paralela a la pendiente del terreno produciendo deslizamientos traslacional de láminas en taludes compuestos de materiales secos no cohesivos, de escamas en suelos arcillosos algo compactos, de turbas en zonas pantanosas, en bloques de rocas que se desplazan en planos de estratificación dispuestos de forma planar, planar escalonada o planar en cuñas y deslizamiento traslacional de detritos una masa de poca cohesión que sufre una distorsión y disgregación considerable. (Montero Olarte, 2017)

Figura 15*Deslizamiento traslacional*

Fuente: (USGS, 2004)

Nota. Adaptado de (USGS, 2004)

Una de las principales diferencias entre estos dos tipos de movimientos es que el de rotación trata de auto estabilizarse, mientras que el de traslación puede continuar indefinidamente. (De Matteis, 2003)

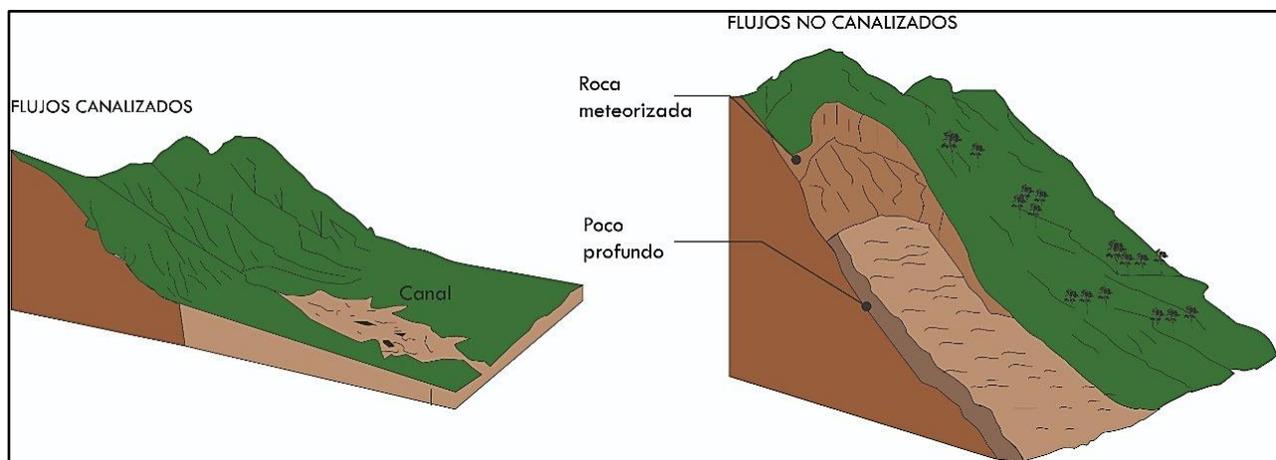
Flujos

Los flujos son movimientos que presentan una deformación continua sin una superficie de falla que separe la masa del terreno movido de la estable. Los flujos de detritos, avalancha de escombros, los flujos de tierra o de lodo, involucran el movimiento de grandes volúmenes de masa que tienen comportamiento similar a los fluidos viscosos de cualquier formación no consolidada, el fenómeno puede presentarse en fragmentos de roca, depósitos del talud, suelos granulares finos o arcillas francas. (Varnes, 1978) (Hungry, Evans, Bovis, & Hutchinson, 2001) (De Matteis, 2003)

La ocurrencia de flujos generalmente se produce por la fuerza de gravedad y la contribución de la saturación de los suelos, ausencia de vegetación y se originan por otros tipos de deslizamiento, con influencia del ambiente y contenido de agua forman el flujo rápido o lento. (Súarez, Los Flujos, 2009)

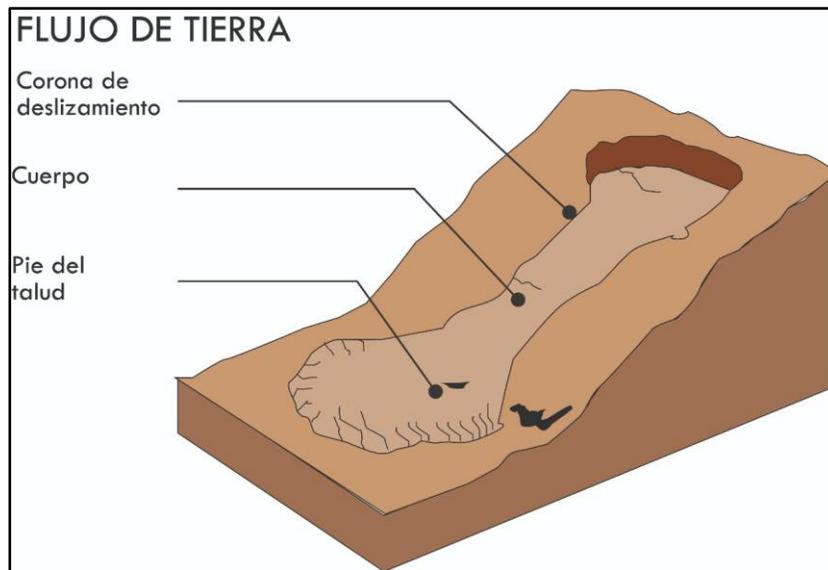
Figura 16

Flujos canalizados y no canalizados



Nota. Adaptado de (GEMMA, 2007)

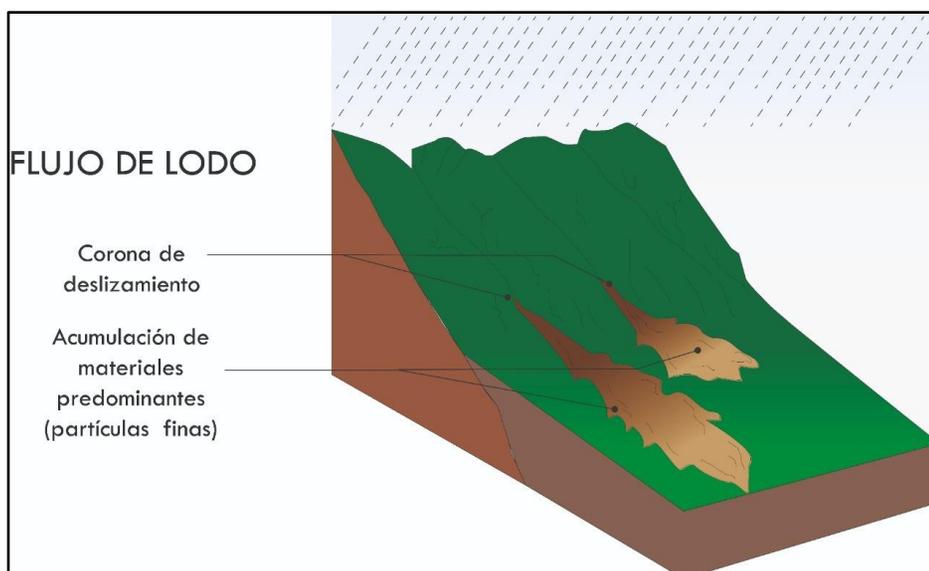
Flujo de tierra. Según Sharpe 1938, es el más lento dentro de la clasificación de flujos, comúnmente se da en pendientes bajas y poco saturadas, el material que se desliza por la pendiente se licua y se escurre formando un cuenco, generalmente el flujo es alargado y se evidencia materiales de grano fino o rocas debido a la alta meteorización de la zona la superficie forma capas sueltas que contienen material relativamente impermeable de arcillas. Es el más lento (USGS, 2004)

Figura 17*Flujo de tierra*

Nota. Adaptado de (USGS, 2004)

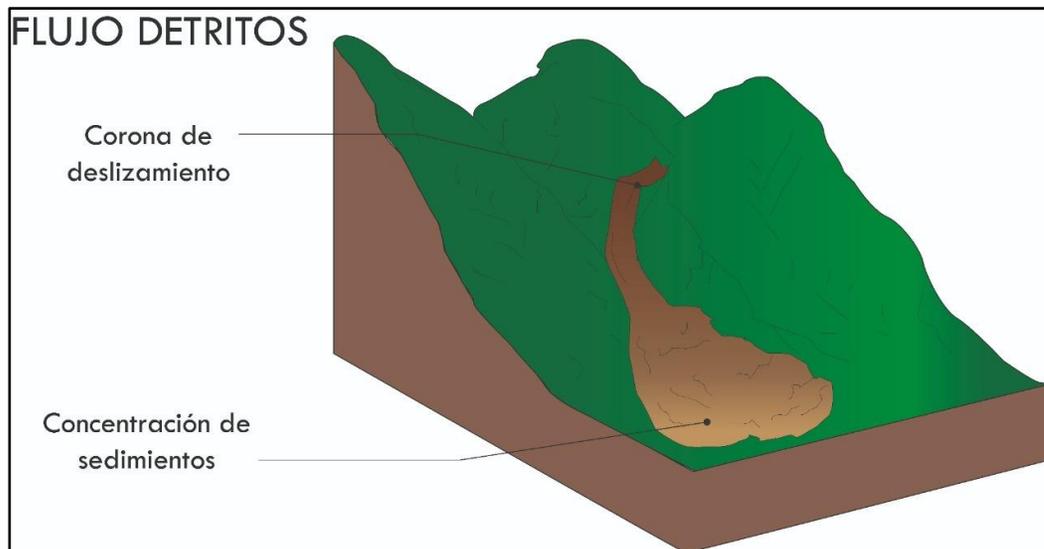
Flujo de Lodo. En este tipo de flujo los materiales predominantes son los limos y arcillas es decir el movimiento de masa desplazado presenta una alta concentración de partículas finas y también transportan grandes bloques de tierra o rocas. Los movimientos en estos flujos pueden ser lentos o rápidos en donde influye significativamente el factor climático, cantidad de saturación y drenaje para la velocidad del deslizamiento. (De Matteis, 2003)

Según Sharpe 1938, este flujo se da cuando un terreno inicialmente se encuentra húmedo y se incrementa drásticamente el contenido de agua, la ausencia de cobertura vegetal permite la filtración hacia las capas del suelo afectando a materiales no consolidados o materiales profundamente meteorizados y las pendientes son moderadamente inclinadas.

Figura 18*Flujo de lodo*

Nota. Adaptado de (GEMMA, 2007)

Flujo de Residuos. En este tipo de flujo aumenta la concentración de sedimentos, según Sharpe 1938, se trata de movimientos de roca descompuesta o material relativamente suelto, se puede decir que se han generado por la afectación de rocas altamente meteorizada y la velocidad de movimiento llega a ser extremadamente rápido. Generalmente un flujo de rocas termina siendo un flujo de residuos afectados por un flujo intenso de agua superficial que erosiona y moviliza el suelo suelto o a las rocas en pendientes pronunciadas. (Suárez, 2009) (USGS, 2004)

Figura 19*Flujo de detritos o residuos*

Nota. Adaptado de (GEMMA, 2007)

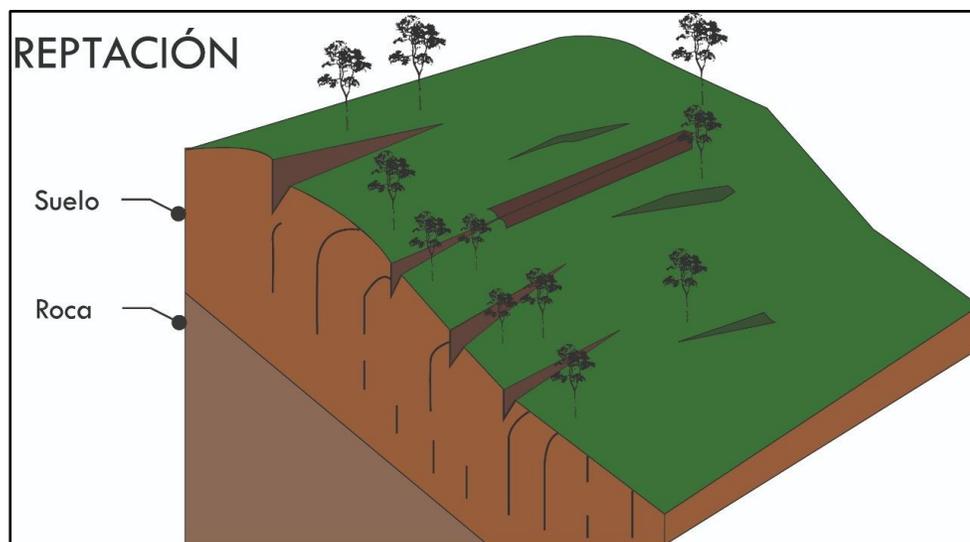
Soliflucción. La soliflucción se define como el movimiento lento de material pendiente abajo por acción de la gravedad que ocurre en la parte más alta de las cordilleras donde se alcanzan temperaturas de congelación y se producen procesos de expansión y contracción al descongelarse el agua de los poros en los materiales más sub superficiales. (Marc, 2018) (Súarez, Deslizamientos, 2009). Otra forma de soliflucción es la que se da en las zonas tropicales húmedas, cuando en las laderas el agua fluye en el suelo por debajo de las raíces. (Duque Escobar, 2017)

Reptación o Creep. Tiene como característica el movimiento lento o extremadamente lento de los suelos sub superficiales, no tienen una superficie de falla definida. Es un evento que puede realizarse de manera continua durante mucho tiempo y no es apreciable. (Suarez Diaz, 1998)

Dentro de los factores que intervienen en la reptación están las relacionadas con procesos de cambios de volumen debido a las variaciones en el contenido de agua, secado en suelos blandos o alterados, el humedecimiento, usualmente este movimiento es característico de suelos arcillosos. (De Matteis, 2003)

Figura 20

Deslizamiento tipo reptación



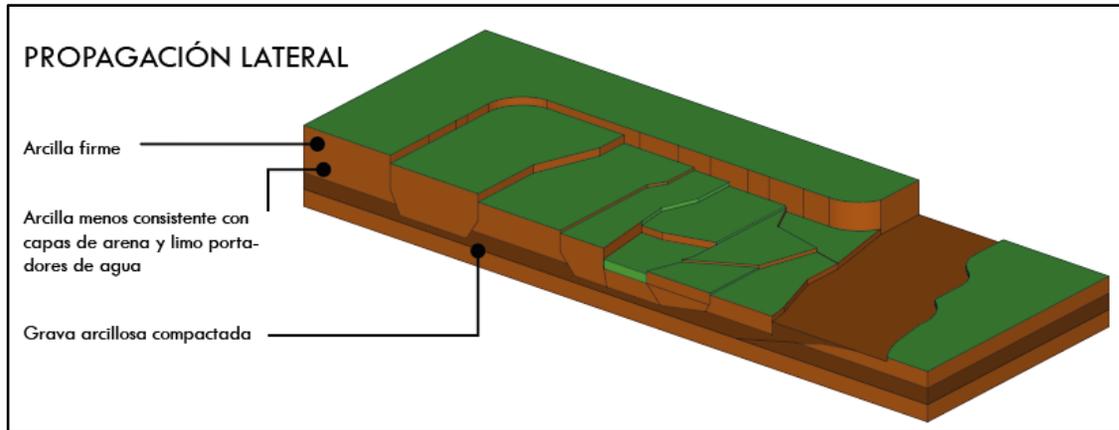
Nota. Adaptado de (Súarez, Deslizamientos, 2009)

Propagación lateral

Denominado también esparcimiento lateral, es producto de la reptación gravitacional, se producen en taludes con pendientes bajas. El modo del movimiento dominante es la expansión y retracción del volumen de masa; hay expansión cuando el contenido de humedad incrementa y se retrae cuando la humedad se pierde. Comúnmente en masas de rocas, suelos plásticos o finos, la falla es progresiva produciendo daños pequeños inicialmente y abarcando áreas mayores rápidamente. (GEMMA, 2007) (Suarez Diaz, 1998) (Cruden & Varnes, 1996)

Figura 21

Deslizamiento tipo propagación lateral



Nota. Adaptado de (GEMMA, 2007)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Características de la investigación

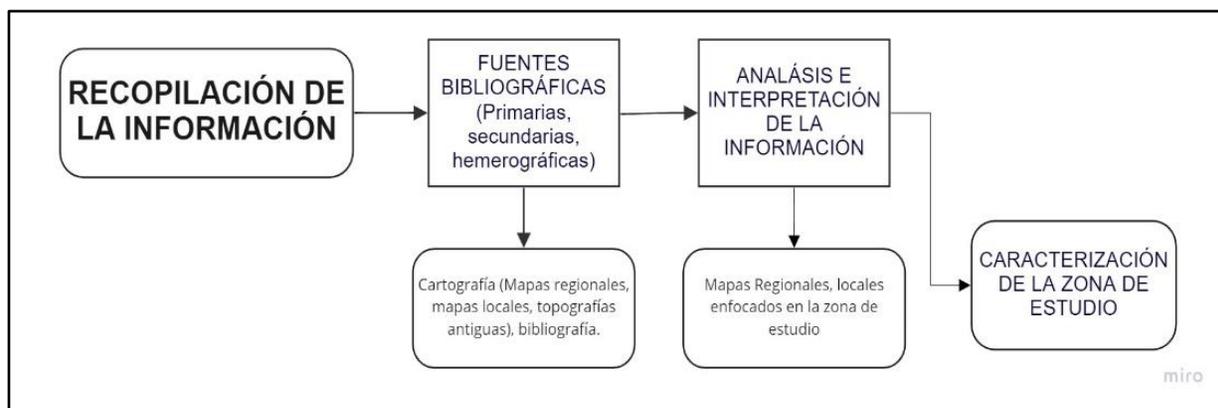
La investigación a realizar es de tipo documental, se basa en la recopilación de información, obtenida de estudios realizados en meses anteriores al evento, periódicos, informes y demás documentos que permitan conocer las primeras instancias o características evidenciadas en el sector del deslizamiento, y además se caracteriza las evidencias observados en campo sobre características geológicas, geotécnicas, ambientales y antropológicas.

Recopilación de información

La recopilación de información bibliográfica y cartográfica de la zona de estudio se realizó siguiendo el proceso descrito en la Figura 21 Flujograma de procesos de recopilación información.

Figura 22

Flujograma de procesos de recopilación de información



La información y antecedentes recopilados permitió tener una idea general de las características geológicas, geotécnicas y ambientales de la zona de estudio, a partir de estos

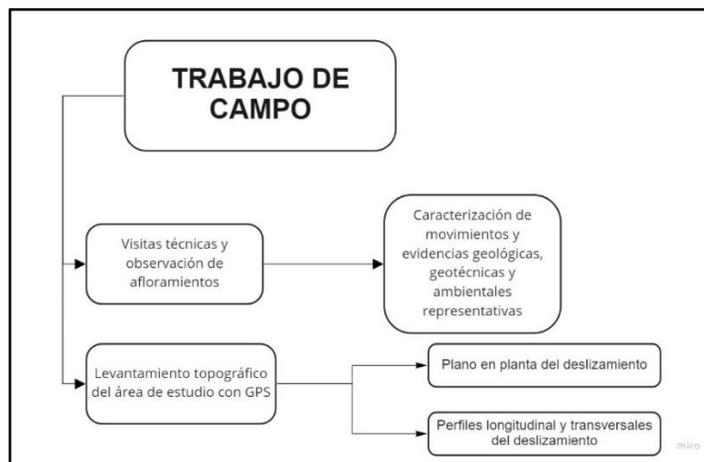
datos se facilita la identificación y reconocimiento en campo de aspectos relevantes y su descripción.

Trabajo en campo

El trabajo en campo se basa en el levantamiento fotográfico de diferentes puntos para posterior realizar una identificación, reconocimiento y caracterización de los afloramientos.

Figura 23

Flujograma de trabajo de campo



Análisis e interpretación de la información

El reconocimiento e identificación del deslizamiento consistió en observación de características como forma del desplazamiento de material, descripción de escarpes y a través del uso del GPS, debido a la magnitud del evento, un plano en planta del deslizamiento y perfiles longitudinales y transversales.

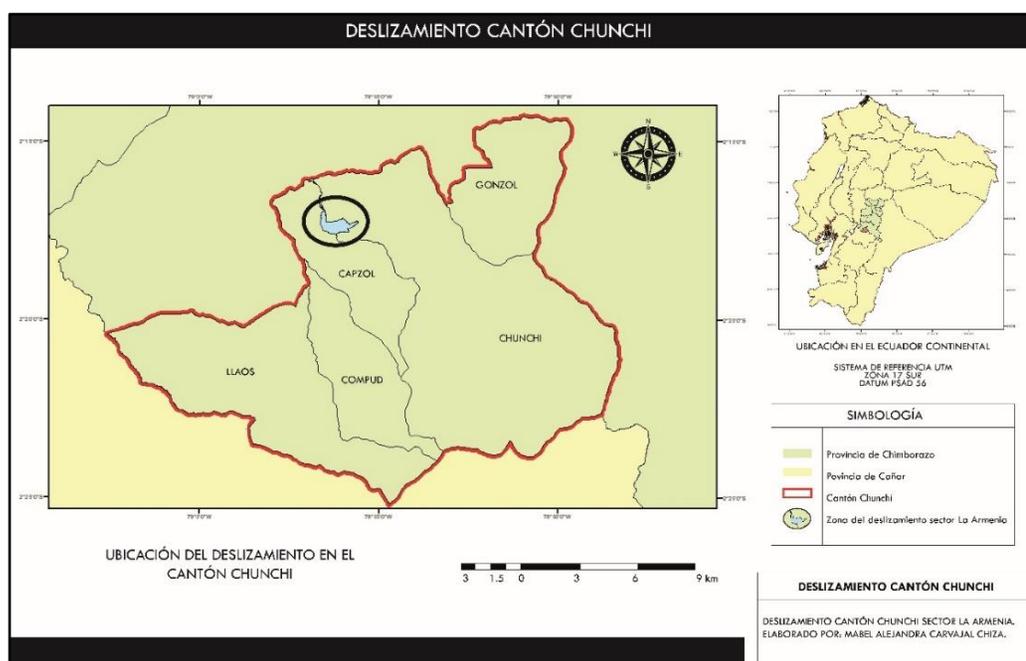
Este último proceso de la investigación consiste en analizar e interpretar toda la información que fue recopilada tanto de manera bibliográfica como de las observaciones de campo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Caracterización de la zona de estudio***Ubicación y acceso***

El Cantón Chunchi se encuentra en la provincia de Chimborazo, localizado en las estribaciones occidentales de la cadena montañosa andina. Dentro del cantón se encuentra el área de estudio específicamente en el sector de la Armenia se encuentra aproximadamente a 239 kilómetros de distancia de la ciudad de Quito. El acceso se realiza por la vía Panamericana Sur hasta Chunchi y 750 metros aproximadamente al Noroeste desde el centro del cantón llegando al punto de la corona del deslizamiento activo.

Figura 24***Ubicación del deslizamiento cantón Chunchi***

Caracterización geológica y geotécnica de la zona de estudio

Geología Regional

La geología de la región representa una de las variables principales para el presente análisis. Para el origen de la Cordillera Occidental existe según Baldock (1982a) la formación Macuchi que es una secuencia de depósitos volcánico clásticos andesíticos y lavas está recubierta en algunas áreas por sedimentos marinos y volcánico clásticos del período Paleoceno al Eoceno y en otros sedimentos del Mioceno, siendo éstos recubiertas en las partes más altas por depósitos volcánicos del Neógeno al Cuaternario. (Hall, 2000)

En el Valle Interandino se evidencian cuencas entre montañosas, rellenas de sedimentos y depósitos piroclásticos del Cuaternario. El depósito predominante de los volcánicos está constituido por ceniza y comúnmente conocido como Cangahua. Este tipo de suelo es característico de los páramos su morfología y sus propiedades varían dependiendo de condiciones climáticas, composición, además de ser altas capacidades de retención de agua y a menudo importantes acumulaciones de materia orgánica (Podwojewski, 1999).

En la Cordillera Real los basamentos que la conforman fueron descritos en cinco divisiones lito tectónicas, Guamote, Alao, Loja, Salcedo, Zamora separados por los sistemas de fallas regionales: Falla Peltetec, Frente Baños, Falla Llanganates y Falla Cosanga. (Cajas, 2017)

Principalmente la zona de estudio presenta las formaciones o unidades observadas en el extracto del mapa geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador elaborado por Dunkley & Gaibor (1997), un levantamiento geológico llevado a cabo por geólogos del British Geological Survey (BGS), Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica (CODIGEM) y consultores independientes.

Sistema de Fallas Bulubulu. La falla de Bulubulu señala el límite Este de la Unidad Pallatanga y el límite Oeste del basamento metamórfico (rocas ígneas o metamórficas deformadas más antiguas), este sistema de fallas junto con el sistema de falla Multitud convergen hacia el Norte y entre ellas forman la extensión sur del Sistema de Fallas Pallatanga. (Dunkley & Gaibor, 1997).

Unidad Pallatanga. Forma un cinturón bordeado por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales del área, sobresale entre el valle del Chanchán al Oeste de Huigra y la ruta Pallatanga-Alausí. A lo largo de la Falla Bulubulu al Este, está en contacto con rocas metamórficas. (Dunkley & Gaibor, 1997).

Formación Ocaña. Esta formación desarrollada en la edad del Eoceno es la más antigua y se encuentra en la base del marco litológico del sector, se extienden desde la parte media del río Patul hasta Huigra predominan las tobas soldadas, brechas y rocas volcánico clásticos retrabajadas. (Dunkley & Gaibor, 1997)

Formación Cisarán. Ubicado en la zona occidental de la región Sierra, esta formación consiste de hasta 2200 metros de sedimentos de textura clástica gruesa causada por procesos volcánicos y lavas intermedias estratificadas sub horizontalmente. Asentada sobre lavas andesíticas y dacíticas antes incluidas en la Formación Alausí con intercalaciones de areniscas volcánicas, tobas y lavas. Al Norte y Oeste de Alausí, predominan las brechas andesíticas. La formación descansa sobre la Formación Turi. (Dunkley & Gaibor, 1997)

Formación Turi. Comprende rocas sedimentarias fluviales confinadas a las cuencas y de sus alrededores. Al Suroeste de Turi predominan conglomerados andesíticos gruesos y brechosos de aproximadamente más de 300 metros de espesor, intercalados con areniscas y limolitas tobáceas. (Dunkley & Gaibor, 1997)

Unidad Puñay. Esta formación está descansando sobre las formaciones Ocaña y Chanlud, se encuentra bajo la formación Cisarán en la parte central aflora entre Javín y Chanchán. La unidad está compuesta entre la zona de Huigra y Chanchán por una cantidad mayor de material sedimentario y consiste en areniscas volcánicas, tobas líticas andesíticas, brechas, limolitas y lavas subordinadas. Pertenecen a la edad del Oligoceno y Mioceno (Dunkley & Gaibor, 1997)

Depósitos Cuaternarios. Según Dunkley & Gaibor (1997) en los sectores de La Armenia existe una capa de depósitos cuaternarios como aluvión presente en todos los valles de los ríos, existen abanicos aluviales grandes donde los ríos principalmente descargan en la planicie costera y abanicos coluviales en áreas montañosas propensas a deslizamientos. Ocurren terrazas aluviales en los valles mayores al sur de Pallatanga, depósitos volcánicos cuaternarios de cenizas (cangahua) que se extienden desde el Noroeste hasta el Sur de Huigra. Depósitos lacustres jóvenes incluyendo arenas, conglomerados y tobas finas que ocurren cerca del río Chanchán donde el valle parece haber sido previamente represado por un abanico coluvial. (Dunkley & Gaibor, 1997)

Tabla 5

Elementos geológicos regionales cantón Chunchi

Denominación geológica o Formación superficial	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Falla Bulubulu	Señala el límite Este de la Unidad Pallatanga y el límite Oeste con rocas ígneas o metamórficas
Unidad Pallatanga	Bordeado por fallas a lo largo de las estribaciones occidentales, formada en su mayoría por lavas basálticas. Hacia el Este a lo largo de la Falla Bulubulu está en contacto con rocas metamórficas
Formación Ocaña	Predominan tobas soldadas, brechas y rocas volcano clásticos re trabajadas

Geología Local

Las fallas son un tipo de deformación de la corteza terrestre que finaliza en ruptura, dando lugar a una gran variedad de estructuras geológicas. De acuerdo al análisis del mapa litológico elaborado por el INIGEMM en el año 2011 en el sector del deslizamiento los suelos pertenecen al orden de los Andisoles.

En el centro de Chunchi se observan Andesitas y Andesitas Tobáceas medianamente meteorizadas. Aledaño a la zona de estudio, se localiza el sector de Chanchán, corresponde una terraza aluvial alta compuesta por materiales conglomeradas y depósitos volcánicos sedimentarios estratificados, todo esto relacionado con la descripción de la geología regional del país. En el sector del Chanchán, parroquia aledaña al lugar del deslizamiento se evidencia las características del suelo, en este caso una terraza aluvial alta compuesta por conglomerados y depósitos volcánicos sedimentarios estratificados. (SNGRE, 2021).

Formación Piñón. Esta formación se encuentra representada por rocas andesíticas verdes y homogéneas con presencia en ciertos sitios de estratificación de tobas, areniscas y lutitas. Entre la clasificación de las andesitas se distinguen: la andesita porfídica, con textura ígnea con material afanítico, aglomerados andesíticos y brechas andesíticas. Estas rocas se encuentran altamente fisuradas y con cierta estratificación y buzamiento lo cual indica el fuerte tectonismo sufrido. (INIGEMM, 2011)

Formación Alausí. La composición de rocas en esta formación es en su gran mayoría y casi exclusivamente de lavas volcánicas intermedias y ácidas compactas y densas de coloraciones grises variables. Se encuentran representadas por andesitas, andesitas piroxénicas, hornbléndicas, porfídicas y riolitas, y en menor escala de tobas riolíticas y aglomerados andesíticos. (INIGEMM, 2011)

Formación Tarqui. Rocas piroclásticas formadas por procesos de compactación de fragmentos, aglomerados formados casi totalmente de trozos angulares o redondos de lava, aglomerados tobáceos y tobas de composición intermedia y ácida. La composición de esta formación se considera perteneciente a una última fase volcánica. (INIGEMM, 2011)

Formación Cangahua. Última fase del volcanismo cuaternario, representado por un sedimento fino parecido al color negruzco o gris amarillento, consiste de tobas terrosas. La cangahua es bastante resistente a la compresión, pero débil a la erosión mecánica de las aguas y la acción del viento. La acción eólica en esta formación influye en la meteorización y deflación de la cangahua. (INIGEMM, 2011)

Tabla 6

Elementos geológicos locales cantón Chunchi

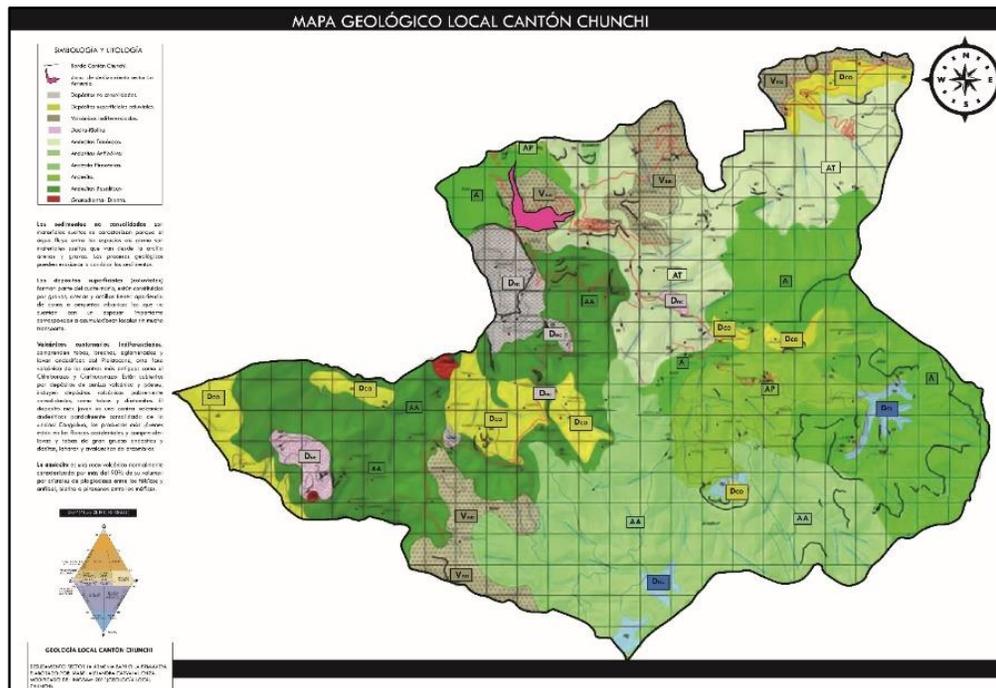
Denominación geológica o Formación superficial	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Formación Piñón	Andesita afanítico textura de roca ígnea con grano o cristal fino, andesita porfídica de color verde a gris con fenocristales relativamente grandes o toba andesítica con recubrimiento de depósitos aluviales, de gravas medias a gruesas intercaladas con material lahartico y tobas
Formación Alausí	Andesitas, andesitas piroxénicas, hornbléndicas y riolitas, en menor escala, tobas riolíticas y aglomerados andesíticos de color gris claro, con recubrimiento de depósitos aluviales, de gravas medias a gruesas
Denominación geológica o Formación superficial	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Formación Tarqui	Aglomerados, aglomerados tobáceos y tobas de composición intermedia a ácida con recubrimiento de depósitos aluviales, de gravas medias a gruesas intercaladas con material lahartico y tobas

Denominación geológica o Formación superficial	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Formación Cangahua	Toba de grano fino de color café oscuro intercalada con ceniza volcánica y piroclastos
Depósitos superficiales Glaciares	Tilitas, arenas, gravas y bloques sedimentarios, de composición variable
Depósitos superficiales Aluviales	Gravas medias a gruesas intercaladas con material lahartico y tobas
Depósitos superficiales Coluviales	Clastos angulosos métricos a milimétricos de composición polimigítica en una matriz arenosa
Depósitos superficiales Coluvio Aluviales	Clastos redondeados a sub redondeados de composición polimigítica en una matriz arenosa

Nota. Adaptada de (INIGEMM, 2011)

Figura 26

Mapa geológico local del cantón Chunchi



Nota. Adaptado de (GAD Municipal del Cantón Chunchi, 2014) (INIGEMM, 2011)

Tectonismo y sismicidad. La historia geológica de las placas tectónicas y su convergencia entre sí registran varios procesos de subducción a lo largo del margen ecuatoriano. El proceso de subducción ha inducido a procesos de metamorfismo, magmatismo y volcanismo dando lugar al desarrollo de las Cordilleras Occidental y Real, ambas separadas por la Depresión Interandina y siendo una zona activa favorable para el desarrollo de una gran variedad de fallas tanto inversas como transcurrentes. (Jaillard, y otros, 2009) (Cajas, 2017).

La geometría interna de una falla y su manifestación morfológica tiene una relación directa con la cinemática. La cinemática (movimiento) de la falla no solo genera terremotos u ocurrencia de deslizamientos, sino también cambios en trayectos fluviales, variaciones topográficas, entre otros. (Ayala, 2018) (Cajas, 2017)

Ecuador tiene una geodinámica compleja, la convergencia oblicua E-O entre las placas de Nazcar y Sudamericana favoreciendo el desprendimiento del bloque Norandino lo que genera unos segmentos de fallas activas originando una estructura más compleja denominada Chingual – Cosanga – Pallatanga - Puná. (Eguez, y otros, 2003) (Alvarado, 2012)

De acuerdo a la información recopilada sobre tectonismo y sismicidad de la zona cercano al cantón se encuentra uno de los sistemas de fallas más representativos del Ecuador (Sistema de Fallas Pallatanga), sin embargo, en la Figura 26. Registros de sismicidad del IGM- Cantón Chunchi, se puede apreciar que no existe eventos destacables de gran magnitud, por ello tomando las palabras del Ing. Pilatasig en la ponencia “Deslave de la Armenia ¿culpa de la naturaleza o del humano?” la evidencia de una falla geológica no implica que haya sido la causante del deslizamiento; en base a los registros y la inexistencia de datos comprobados no se puede afirmar que la geología del lugar haya sido la causa principal para el mega deslizamiento.

Figura 27

Mapa de fallas del Ecuador y registros de sismicidad



Nota. Adaptado de (Eguez, y otros, 2003)

Geotecnia

Dentro del análisis geotécnico se consideran las propiedades mecánicas e ingenieriles de los materiales que vienen de la Tierra. Terzaghi define a la Mecánica de Suelos como la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por desintegración mecánica o descomposición química, independientemente de su contenido de existente o variable de materia orgánica. Es de mucha importancia conocer las condiciones en las que los materiales fueron creados o depositados y los procesos estructurales que han sufrido.

La meteorización mecánica o intemperismo se refiere a la descomposición de las rocas en fragmentos más pequeños por procesos físicos o químicos. La meteorización se da cuando los fenómenos físicos como temperatura, congelación, viento, agua, entre otros influyen transformando a la roca desde arenas hasta limos y en casos especiales arcillas. (Braja, 2014) (Júarez & Rico, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, 2005) y la meteorización química o

descomposición química implica la acción del agua como principal agente atacando a la composición mineralógica a través de la oxidación, hidratación y carbonatación formando nuevos minerales. (Júarez & Rico, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, 2005).

Los procesos de meteorización no son los únicos que influyen en la transformación de las rocas, existen procesos como la sedimentación donde los sólidos acumulados luego de sufrir procesos de litificación o diagénesis dan origen a las rocas sedimentarias pueden ser compactados por presión de sobrecarga y cimentadas por agentes cementantes transportados por agua subterránea. (Braja M Das, 1999)

Otros procesos que influyen en los cambios geológicos son la erosión y el transporte, los principales agentes provienen de la naturaleza pueden ser el viento, los ríos, glaciares, corrientes de agua superficial y fuerzas de gravedad originando así los suelos residuales que se encuentran en las zonas donde existe una probabilidad de meteorización mayor a la de la velocidad de transporte y suelos transportados que son suelos residuales donde influyen agentes geológicos para ser removidos. (Braja, 2014)

En general un suelo utiliza agentes de la propia naturaleza para sobreponer diferentes estratos de diferentes características y que son evidenciados en los perfiles estratigráficos. (Júarez & Rico, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, 2005).

Geomorfología

La región Interandina es caracterizada como una zona propensa y susceptible a grandes deslizamientos. (Demorales & D'ercole, 2001). En el cantón Chunchi se evidencian rasgos morfológicos de posibles movimientos en masa algunos inactivos y otros deslizamientos activos incluyendo uno de mediana magnitud y otro de gran magnitud.

El relieve en la zona de se encuentra formado por diferentes rangos de elevaciones va desde 1750 msnm hasta 3800 msnm. Estas cordilleras presentan grandes volcanes que han emitido cantidades de piroclastos, lahares, andesíticos y dacíticos, por otro lado, la presencia de cuencas deprimidas intra andinas se forman de sedimentos fluvio lacustres como areniscas, arenas, conglomerados, arcillas. (Winckfll, 2009)

Dentro del análisis geomorfológico de Chunchi, se describe el 74,90% del paisaje como relieves colinados y relieves volcánicos cuya pendiente dominante varía entre el 25% y 150%, dentro de esta variable se aprecia el desnivel abrupto y rápido de ruptura de pendientes. El 0,23% del cantón está representado por un medio aluvial formado por terrazas inundables característicos del valle intramontañoso de ubicación del cantón. (IEE & MAGAP, 2013)

En cuanto a la cobertura vegetal y uso de tierras en las unidades vertientes superiores e inferiores y relieves de las cuencas interandinas, unidades predominantes del cantón, la cobertura natural es de bosques, matorrales y vegetación herbácea húmedos y la tierra de uso pecuario y agrícola. (IEE & MAGAP, 2013)

Figura 28

Morfología cantón Chunchi



Hidrogeología

A lo largo del cantón se asientan 10 subcuencas que forman parte del recurso hídrico de la zona, el río Guasuntos o Picay y el río Guahuacón, son las microcuencas más importantes debido a que influyen en un 65% de área. (Andagoya, Alquina, Reina, & Coronel, 2021)

No se disponen de datos oficiales sobre la determinación de parámetros hidrogeológicos, sin embargo, de conversaciones y específicamente de la ponencia “Deslave de la Armenia ¿culpa de la naturaleza o del humano?”, por Ing. Rafael Alulema se menciona algunas causas principales que afectan a la inestabilidad entre ellas las precipitaciones, acuíferos de origen natural y el riego, agua potable y alcantarillado como obras realizadas por el hombre.

Precipitación: El Ing. Rafael Alulema presenta variables medidas en las estaciones de Chunchi (M136) y Compud (M397) ubicadas en las subcuencas del cantón, del análisis de estos datos se obtiene las siguientes conclusiones:

- Precipitación media anual de 696 mm con una concentración de precipitaciones en la parte central del cantón de aproximadamente de 1000 mm/año.
- En la estación Chunchi los datos de precipitaciones son menores pero la intensidad en un período de retorno de 100 años es mayor. Cuando esto sucede la infiltración de la lluvia por intensidad aumenta y produce cargas hidráulicas en los macizos que relacionados con las características geológicas eleva el riesgo de deslizamientos.
- Los valores de infiltración de agua lluvia registrados indican una recarga potencial de los acuíferos con un volumen almacenado anualmente de 12,24 hectómetros cúbicos. En el cantón Chunchi atraviesan 336 vertientes que distribuyen este volumen de agua almacenado para actividades pecuarias y agrícolas.

Sistemas de riego: De información mencionada en la conferencia también se destaca la cantidad de 2168 hectáreas regadas y los diferentes sistemas que se utiliza estos son: 81,2% por gravedad, 18,6% por aspersión y 0,2% por goteo.

Figura 29

Río Picay antes y después del deslizamiento



Nota. Adaptado de (SNGRE, 2021)

Caracterización del deslizamiento

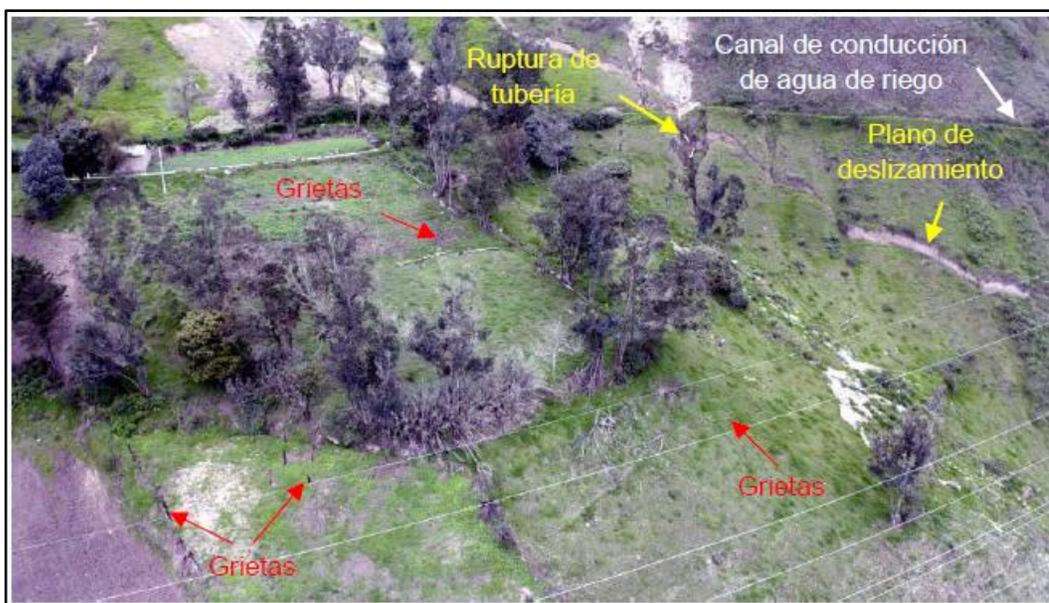
Análisis histórico del deslizamiento Chunchi

Según informes emitidos por el GAD Municipal de cantón Chunchi, el día 20 de enero del año 2021 se produce un deslizamiento que el informe de asistencia técnica evidencia con a través de una visita en campo observando desplazamientos del terreno (escarpes) con profundidades variables, pequeños deslizamientos de tierra, ruptura de tubería de conducción de agua, asentamientos de terreno de hasta 15 centímetros y grietas con aberturas mayores los

20 centímetros. Otra de las observaciones que se detalla es la saturación del terreno y la inestabilidad al momento de la inspección técnica. (Andagoya, Alquina, Reina, & Coronel, 2021)

Figura 30

Vista panorámica con evidencias de inestabilidad sector La Armenia



Nota. Tomado de (Andagoya, Alquina, Reina, & Coronel, 2021)

Dentro de esta investigación bibliográfica se considera al deslizamiento del 20 de enero del 2021 como un antecedente, ya que después de este evento se produce un mega deslizamiento el día 12 de febrero del mismo año y actualmente en la zona se encuentra un movimiento de masas activo.

Al no existir un documento oficial se tomará como fuente los informes presentados por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y noticias publicadas por diarios y versiones de pobladores de la comunidad. Esta información mencionada en la Tabla 7. trata sobre características relevantes que posteriormente serán analizadas en campo.

Tabla 7

Resumen de informes Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias

Número de Informe emitido	Características
Informe No. 3 Fecha de publicación: 14 de febrero año 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de la situación: Se produce un nuevo deslizamiento de tipo flujo de lodos debido a la infiltración del agua por las lluvias causadas en el deslizamiento ya existente. El deslizamiento provocó la rotura de un talud natural y produjo un aluvión que afectó y represó al cauce de los ríos Guatasig (Picay) y Chanchán.
Informe No. 8 Fecha de publicación: 19 de febrero año 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios realizados por el SNGRE y el IGM una extensión de área de 115,35 hectáreas con un volumen aproximado de 30 millones de metros cúbicos. • Observaciones iniciales indican que el movimiento en masa está conformado por tres deslizamientos, dos de ellos tipo rotacional y uno tipo flujo. • Los principales factores identificados para la inestabilidad del terreno están condicionados por la geología, suelos poco consolidados (zona de un antiguo deslizamiento), suelos residuales (meteorización del suelo), presencia de agua subterránea, pendientes escarpadas, precipitaciones de 11 a 19 mm el día del evento (12 de febrero) y actividades agropecuarias en la zona crearon un proceso continuo de la masa deslizada.

Nota. Información recuperada de los Informes: No. 3 y No. 8. Tomado de (SNGRE, 2021)

Diarios nacionales detallan explicaciones que especialistas como la que el geólogo en riesgos Ángel Valdiviezo da sobre el lugar en el que está asentado el actual Chunchi: estos poblados están sobre un deslizamiento antiguo que pudo haber ocurrido hace miles de años. Otros detalles mencionados son sobre investigaciones de técnicos especialistas que desde enero han encontrado rasgos de inestabilidad y más agrietamientos.

Figura 31

Zona pie del deslizamiento Chunchi



Nota. Fotografías del 17 de febrero del 2021 en la zona del pie del deslizamiento. a) Pie del deslizamiento flanco izquierdo, se observa el encauce del río Picay (Guatasig) y gran

acumulación de materiales arrastrados. b) Pie del deslizamiento flaco derecho encauce del río Picay (Guatasig) y gran acumulación de materiales arrastrados.

Figura 32

Vista frontal del deslizamiento Chunchi



Nota. Adaptado de vídeos tomados el 17 de febrero del 2021. a) Vista frontal del deslizamiento se aprecia la corona del deslizamiento, el escarpe principal tipo herradura y el pie del deslizamiento con acumulación de material tipo lodo. b) Represamiento del río Guatasig.

Figura 33

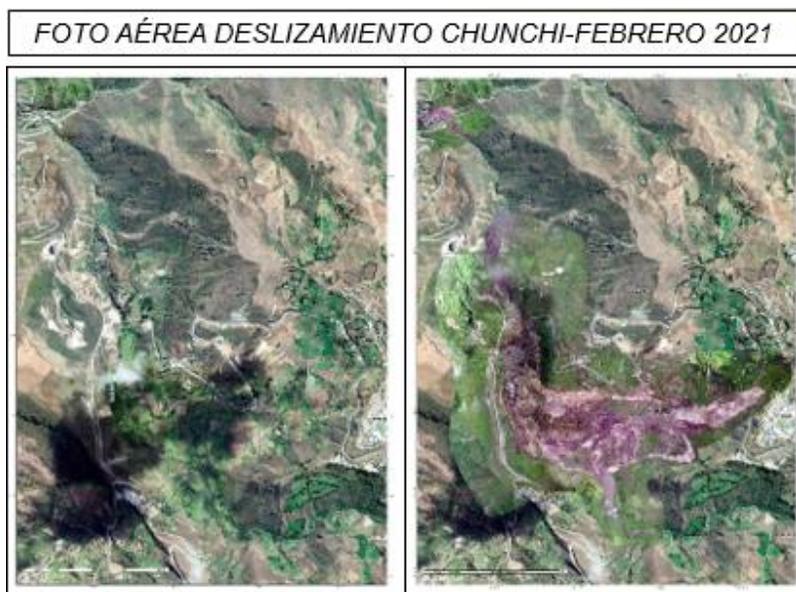
Ortofoto cantón Chunchi año 2011



Nota. Adaptado de (MAGAP,2011)

Figura 34

Comparación ortofotos cantón Chunchi (Antes y después del deslizamiento)



Nota. Tomado de (SNGRE, 2021)

Deslizamiento activo Chunchi

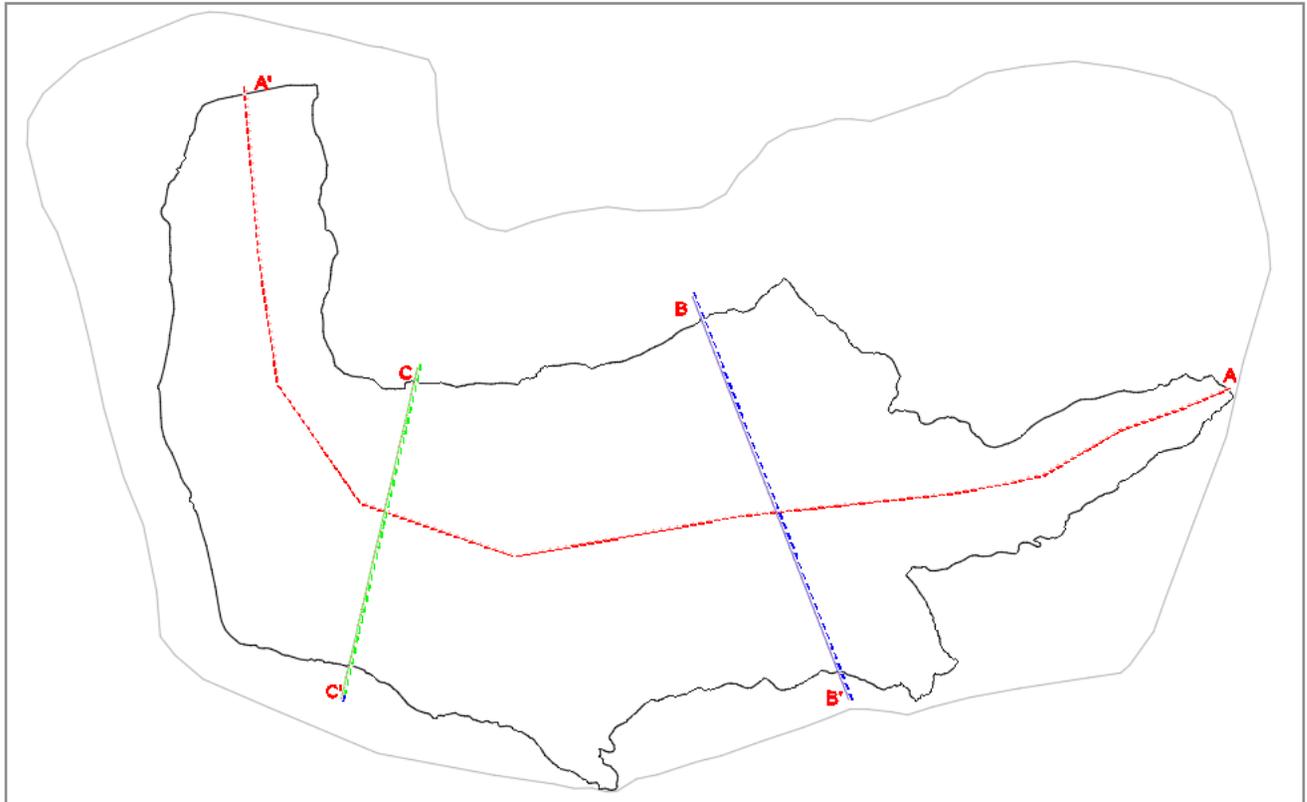
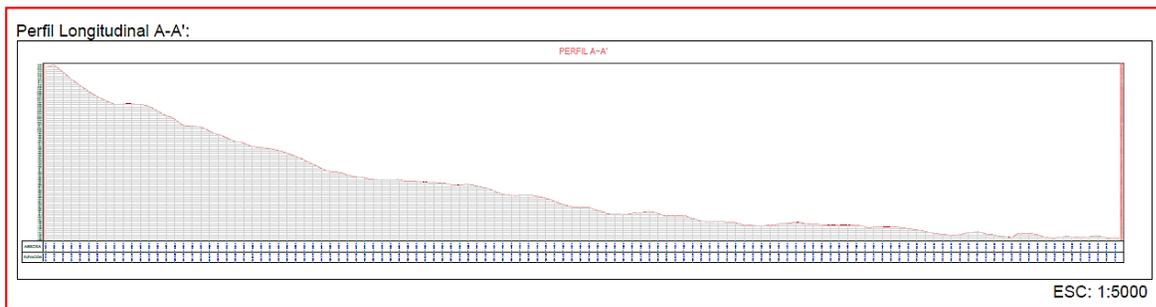
Dentro de la caracterización del movimiento en masas actual se realizará un levantamiento con uso de GPS, determinando estimaciones de áreas de deslizamientos y adicional las mediciones levantadas en los trabajos de campo. La metodología usada se detalla a continuación:

Tabla 8

Metodología levantamiento GPS

Metodología			
Posicionamiento GNSS diferencial modo estático			
Posicionamiento GNSS diferencial modo RTK			
Procesamiento PPP			
Sistema de referencia y proyección			
UTM 17 Sur – WGS84			
Latitud: 2°17'23.32"			
Longitud: 78°56'17.19"			
Puntos de control			
Punto	Este	Norte	Altitud
Base	729470,43	9747061,42	1865,10
GCP1	730133,71	9747373,27	2004,08
GP2	730576,47	9747113,94	2135,78
GP4	730252,74	9746815,89	1988,79
GP5	730192,35	9747008,94	2009,57
GP6	729962,81	9747124,17	1961,34
GP7	729676,36	9747151,38	1926,17
GP8	729435,5	9747083,25	1860,15
GP9	728858,23	9747570,05	1771,43
GP10	729062,05	9747093,70	1808,99
GP11	728631,82	9746839,28	1824,91
GP12	729162,38	9746541,76	1805,07
GP13	729758,89	9746658,32	1926,68
GP14	729598,60	9746943,58	1867,07
GP15	729068,67	9746661,65	1789,50

Nota. Tabla de metodología, puntos de control y coordenadas UTM utilizados para el levantamiento del área actual de estudio cantón Chunchi, sector la Armenia.

Figura 35*Vista en planta del deslizamiento actual Chunchi***Figura 36***Perfil longitudinal A-A'***Figura 37***Perfil longitudinal B-B'*

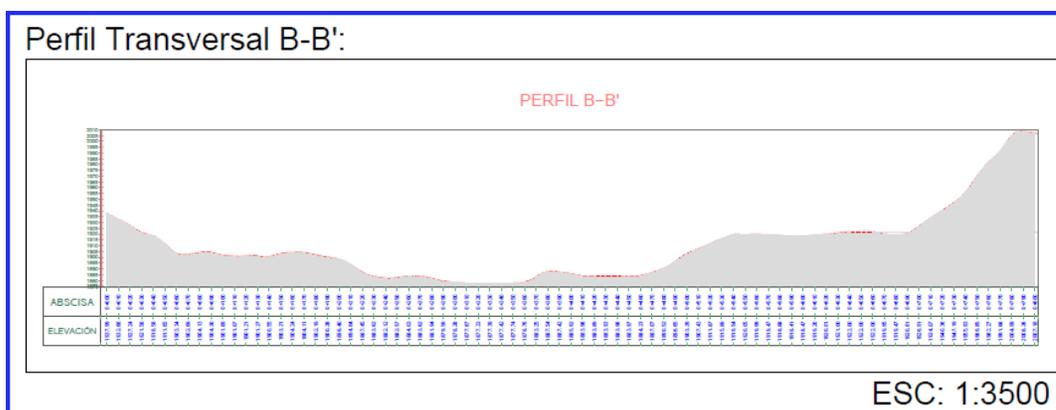
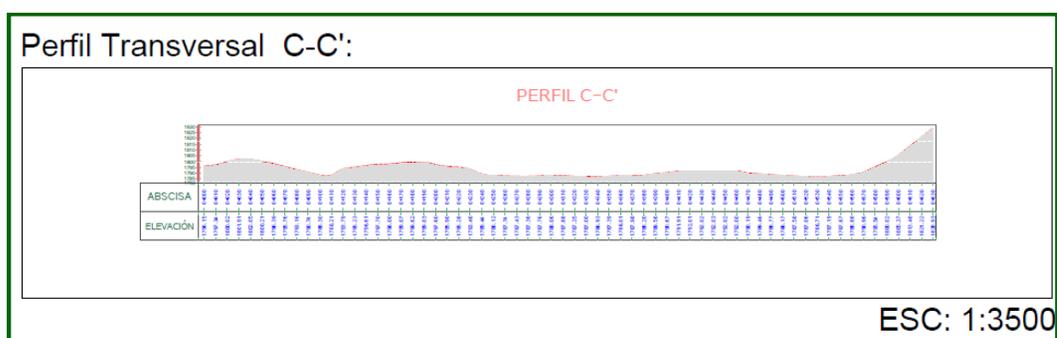


Figura 38

Perfil transversal C-C'



A partir de observaciones realizadas en campo con respecto a la morfología y fotografías tomadas en campo se presumen que es un tipo de movimiento de masa combinado.

Los escarpes representativos se ubican en la corona del deslizamiento (UTM 730594.987-9747001.653) con una altura aproximada de 141 metros y el otro escarpe localizado en el flanco izquierdo (UTM 730074.664-9746477.241) con 123 metros aproximadamente de altura presentan una forma de herradura y en el talud se distingue la superficie de ruptura de forma cóncava, estas características evidenciadas en campo indican rasgos propios de un deslizamiento de tipo rotacional.

Otro tipo de movimiento dentro del deslizamiento fue de tipo flujos, este tipo de movimiento se representa por los depósitos de material saturado, medianamente saturado y material consolidado con grietas de disecación observados en ciertos sectores. Según Sharpe 1938, los flujos de lodo están relacionados con la saturación intermitente de agua de la zona, ausencia de cobertura vegetal, materiales sueltos, rocas meteorizadas y pendientes elevadas. El movimiento tipo creep de las zonas bajas del terreno también son otros tipos de deslizamiento observados y que se presentaran en fotografías registradas en campo. (Cruden & Varnes, 1996).

El área de estudio con una longitud aproximada de 1,8 kilómetros encuentra georreferenciado en el sistema WGS 84, Zona 17 Sur, entre las cotas 2173.93msnm y 1790 msnm en las coordenadas UTM:

Tabla 9

Coordenadas de la zona de estudio

Punto	Longitud (E)	Latitud (N)
Corona del deslizamiento activo	730629.459	9746994.315
Pie del deslizamiento	729000.125	9746762.512

Figura 39*Escarpe principal flanco derecho*

a) Deslizamiento Chunchi-Escarpe principal vista inferior, altura aproximada de 142 metros.

Ubicado en las coordenadas UTM 730594.987-9747001.653



b) Deslizamiento Chunchi-Escarpe principal vista en planta. Ubicado en las coordenadas UTM

730594.987-9747001.653

Figura 40

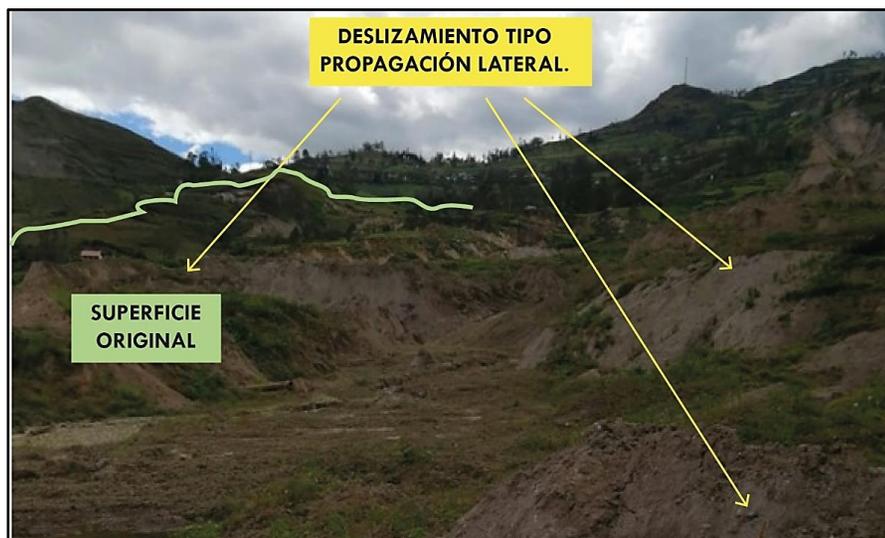
Escarpe principal flanco izquierdo



a) Deslizamiento Chunchi-Escarpe principal flanco izquierdo vista lateral. *UTM 730074.664-9746477.241*



a) b) Deslizamiento Chunchi-Escarpe principal vista en planta flanco izquierdo. *UTM 730074.664-9746477.241*

Figura 41*Deslizamiento tipo propagación lateral*

Las imágenes presentadas permiten apreciar una vista panorámica y vista desde el pie del deslizamiento, si bien no es muy fácil distinguir los deslizamientos tipo creep, por videos de los moradores grabados el día del evento se observa la propagación lateral afectando a la capa más superficial del terreno cuando se produjo el movimiento de masas.

En la zona marcada de la fotografía se puede apreciar unidades intactas entre todo el material y escarpes secundarios que se observan en el cuerpo principal del deslizamiento.

Caracterización de evidencias de la zona de estudio

En la visita técnica del día viernes 20 y sábado 21 del mes de junio del presente año en el sector del deslizamiento se observaron diferentes características y manifestaciones morfológicas.

Evidencias geológicas y geotécnicas

Regionalmente, en el área de estudio se encuentran rocas de origen volcánico y volcano-sedimentario que pertenecen a la Unidad Puñay y a la Formación Cisarán. (Dunkley & Gaibor, 1997). Estas rocas, se encuentran cubiertas por depósitos superficiales (coluviales, aluviales y cangahua) que han sido evidenciados en el área de estudio y se describen a continuación:

Figura 42

Depósitos en capas subhorizontales formación Cisarán



Las rocas de la formación Cisarán están dispuestas en capas sub horizontales sin ningún tipo de deformación.

Depósito origen volcano sedimentario.

Figura 43

Depósito origen volcano sedimentario



El depósito ubicado en las coordenadas UTM 729532.893-9746965.15 presenta una tonalidad café claro a marrón óxido y corresponde a un suelo plástico producto de la alta meteorización de roca. Litológicamente, los depósitos están constituidos por rocas de origen volcánico de composición andesítica que se encuentran dispersas en fragmentos y bloques angulares, estos alcanzan tamaños desde centimétricos a métricos.

Macroscópicamente, las rocas andesitas presentan una coloración gris clara a marrones y una textura porfírica de grano medio a grueso, constituida por cristales de plagioclasa, anfíbol y piroxeno. Todas rocas de este afloramiento presentan alteración en su matriz y en los minerales de plagioclasa lo cual produce una capa superficial blanquecina llamada caolín.

En ciertos puntos del depósito se observa la desintegración total de la matriz de la roca, esto se debe a la intensa meteorización del sitio donde el fenómeno de la oxidación transforma al material y da como producto el origen a un suelo de coloración marrón y a su vez ha generado el desprendimiento de algunos fragmentos rocosos de varios tamaños.

Este tipo de afloramientos es perceptible a lo largo del flanco derecho del deslizamiento donde se aprecia coloración similar y gran cantidad de fragmentos y bloques desprendidos al pie del talud, además se evidencio la presencia de agua tanto en las paredes como en ojos de agua formados al pie de los escarpes, esta zona puede ser catalogada como propensa a derrumbes.

Figura 44

Suelo areno arcilloso



En el análisis de suelo del flanco derecho del deslizamiento la matriz superficial presenta una coloración beige o amarillenta lo que indica el predominio de limos plásticos y saturados, sin embargo, también se distinguen colores marrones lo que indica la presencia de un suelo de

textura con alto contenido de arcilla. A través de una caracterización manual visual realizada en campo, se determinó la existencia de suelos plásticos, arenas arcillosas.

Depósitos superficiales.

Estos depósitos se encuentran en la parte central y Este del área de estudio, y posiblemente estén asociados a afloramientos pertenecientes a la Formación Cisarán.

Figura 45

Depósitos superficiales coluviales



Se encuentran en las partes bajas de las laderas, los depósitos coluviales ubicados en las coordenadas a) UTM 729018.8-9746712 y b) 729331.9-9746680.1 se forman producto de la alteración y desprendimiento in situ de los macizos rocosos y depósitos presentes en el área de estudio. Corresponden a depósitos de suelos sueltos poco consolidados y altamente saturados constituidos por clastos de grava y bloques de origen volcánico envueltos en una matriz poco consolidada de material areno arcilloso.

Figura 46*Depósitos superficiales aluviales*

Estos depósitos localizados en el pie del talud producto de aluvial del río Picay en las coordenadas a) UTM 728840.445-9747132.243 y b) 729130.3-9746611.1 se encuentran dispersos a lo largo de ríos y quebradas presentes en el área de estudio y están constituidos por una mezcla de grava, arena, arcilla con clastos milimétricos de origen volcánico (andesitas, dacitas, tobas). En algunos puntos de la zona la cantidad de agua se ha ido reduciendo hasta formar grietas de desecación producto de la ausencia de agua en el material, mientras que en otros puntos el suelo está aún saturado.

Figura 47

Grietas de desecación en depósitos superficiales



Las grietas de desecación vistas en el pie del talud, se producen cuando el contenido de humedad luego de haberse incrementado regresa a su estado natural, son características de los suelos que presentan alto contenido de arcillas.

Figura 48

Suelo limo plástico con arena



Al tener una matriz limosa y el limo ser un material más plástico, es decir acumular una gran cantidad de agua entre los espacios intersticiales provoca una saturación más rápida, son poco cohesivos y adquieren una compacidad media.

Depósitos volcánicos.

Figura 49

Depósitos volcánicos flanco izquierdo



Ubicados en las coordenadas *UTM 729485.2-9746478.5*, algunos depósitos en el área de estudio se encuentran cubiertos por una capa de coloración café clara a beige. Presenta un espesor entre 1 y 2 metros, corresponde a un material de ceniza fina moderadamente compacta, con clastos milimétricos de andesitas.

Figura 50

Suelo areno limoso



Arena limosa proveniente de la meteorización de las cenizas y brechas volcánicas se encuentra disgregada. Suelo suelto no plástico, humedad baja.

Figura 51

Vista panorámica desde la corana del talud



Elementos ambientales relevantes

Suelo y cobertura vegetal. En el cantón el uso del suelo es destinado en su gran mayoría a potreros y campos de cultivo, por ello la deforestación y la falta de cobertura vegetal protectora es muy notoria produciendo la degradación del suelo y saturación. (MINMINAS, 2017) En el recorrido por los diferentes terrenos del sector aledaño a la zona deslizada se observada diferentes obras de riego y conducción de agua, adicional a esto en diversos puntos del sector se observaron grietas y escarpes formados por el movimiento del suelo, lo que convierte el área en susceptible a nuevos movimientos de tierra.

Figura 52

Sector La Armenia-Zonas de cultivo y pastizales



Fotografías de varios lugares aledaños a la zona del deslizamiento, se puede apreciar la vista en frontal y en planta de los pastizales.

Figura 53

Sector La Armenia-Zanja de riego sin revestimiento



Zanja de conducción para riego no revestidas. Según versión de morador del sector fue realizada por los dueños del terreno para abastecer de agua más rápido a toda el área de pastizal. Adicional a esto se puede apreciar el cambio de color en la cobertura vegetal del terreno UTM 730127.90-974164.173.

Figura 54*Mangueras de conducción para agua*

Se aprecian considerable número de mangueras de varios diámetros para conducción de agua desde la parte superior del talud. UTM 729435.5-9747083.2

Figura 55*Escarpes secundarios flanco derecho*

- a) Escarpe ubicado en las coordenadas UTM 729876.366-9747115.157 presenta una superficie de falla cóncava y en el pie del escarpe acumulación de agua.



- b) Escarpe ubicado en las coordenadas UTM 729993.086-9747023.095 presenta una superficie de falla cóncava y agua retenida en el pie del escarpe.



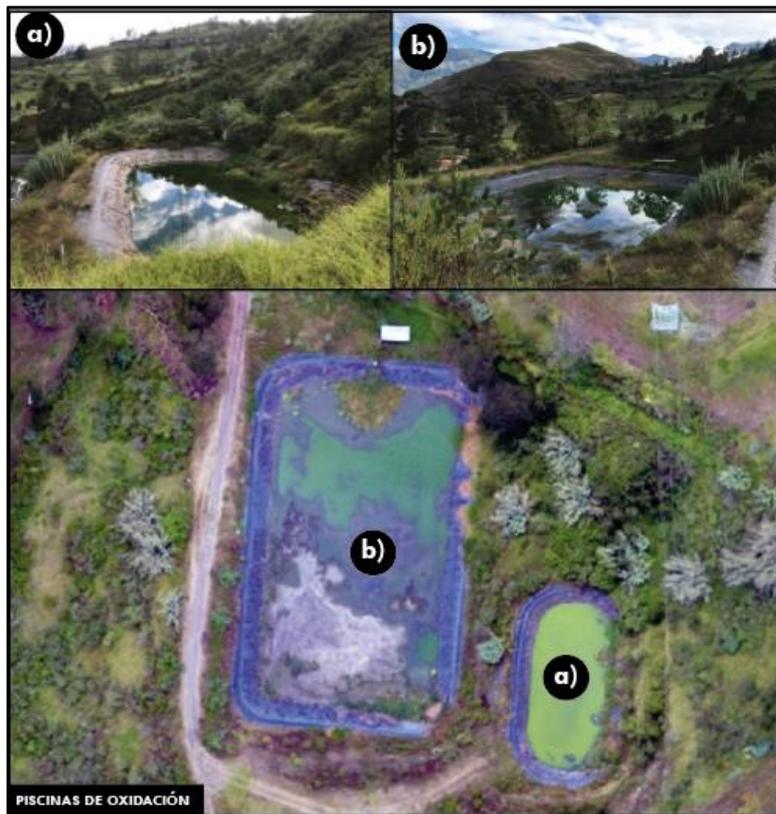
- c) Escarpe ubicado en las coordenadas UTM 729901.485-9747104.047 presenta una superficie de falla cóncava, material acumulado el pie del talud debido al deslizamiento producido con un escarpe de aproximadamente 6,20 metros de altura

Lagunas de tratamiento de aguas residuales.

Sector de la Armenia piscinas de oxidación a) UTM 730275.756-9747078.518, b) UTM 730227.866-9747093.335.

Figura 56

Piscinas de oxidación



Piscinas de tratamiento de aguas servidas Cantón Chunchi, de acuerdo a informes técnicos emitidos por el GAD Municipal, luego del deslizamiento antiguo el 20 de Enero del 2021 el sector queda inestable y vulnerable por ello se realiza el desvío provisional de las aguas residuales hacia el aliviadero ubicado en el barrio La Paz y desemboca a una quebrada de la parte baja de la Plaza de Rastros. (GAD Municipal Chunchi, 2021)

Figura 57

Grietas piscinas de oxidación



Adicionalmente, cerca a la piscina de oxidación se observa la presencia de grietas de máximo 15 centímetros aproximadamente de ancho y hasta 80 centímetros de profundidad asociadas a características de inestabilidad del terreno.

Flujos de agua y quebradas. Actualmente en el área de estudio se formaron cauces y quebradas que atraviesan la masa del deslizamiento tanto como en el flanco derecho como en el flanco izquierdo.

Figura 58

Flujo de agua y quebradas



El flujo de agua ubicado en las coordenadas UTM 729563-9747560 atraviesa el deslizamiento hasta llegar a la base de la ladera.



El movimiento rápido de flujos y de material suelto sigue una trayectoria larga hacia la desembocadura del río Picay. El movimiento inicial se da desde la corona del deslizamiento aproximadamente 1,8 kilómetros en longitud hasta el pie del deslizamiento. Se puede apreciar un caudal de agua medido de aproximadamente 2 litro/segundo y una profundidad de quebrada de aproximadamente 17 metros UTM 729463-9746844.

Figura 59*Ojos de agua flanco derecho*

a) Ojos de agua observados en el flanco derecho del deslizamiento, coordenadas UTM

729993.258-9747046.838



b) Ojos de agua observados en el flanco derecho del deslizamiento, coordenadas UTM

729993.086-9747023.095

En la masa removida y a lo largo de los flancos del deslizamiento se observó alta saturación de los suelos, este exceso de agua sale a través de los ojos de agua formando corrientes que atraviesan el área de estudio. Es importante mencionar que la coloración, el olor y turbiedad del agua podría asemejarse en su mayoría gran mayoría a fuentes cristalinas como acuíferos, pero también se observan corrientes de agua en poca cantidad de tipo residual o servidas.

Daños en infraestructuras viviendas, vías de acceso, puentes. Existen viviendas que por el tipo de movimiento que se presento en la zona no se destruyeron pero si quedaron inhabitables, los registros fotográficos se mostraran a continuación, se pudieron observar una serie de características, la mayoría de estas se repiten, generalmente la inclinación de las grietas indican el tipo de movimiento en masa que se produjo. (Viviescas Restrepo , 2010)

Figura 60

Edificaciones existentes inhabitadas



a) La vivienda localizada en el sector de La Armenia UTM 7299400.6-9747081.68.

Presenta en las ventanas y mampostería grietas inclinadas con aberturas de hasta 10 cm aproximadamente, según Viviesca la aparición de las grietas se debe a la influencia del movimiento lento de la superficie de falla.



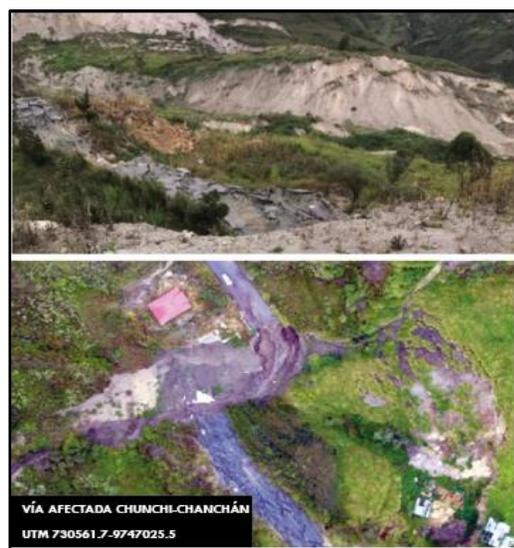
- b) La vivienda localizada en el sector de La Armenia UTM 729318.895-9747037.997 presenta en la mampostería grietas de características similares a las anteriores. Debido al tipo de desplazamiento rotacional se provocó una superficie de falla de forma cóncava, material deslizante y en zonas cercanas al escarpe grietas por los esfuerzos tensionales.



- c) Las edificaciones ubicadas en las coordenadas UTM 729791.137-9747140.47

Figura 61*Vías de acceso afectadas*

- a) En este punto se observa la afectación de la carretera de acceso al sector de Cullpa, se puede apreciar la corona del deslizamiento, y las grietas de aproximadamente 18 cm de ancho, esto asociado con la inestabilidad del terreno. *UTM 730561.718-9747025.548*



- b) Vía afectada Chunchi-Chanchán *UTM 730561.718-9747025.548*



c) Vía afectada Chunchi-Chanchán UTM 729480.186-9747055.531

Figura 62

Puente de hormigón río Picay



Fuente: (Autor,2021)

Puente de hormigón sobre el Río Picay afectado, ubicado en las coordenadas UTM

729480.186-9747055.531

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Parte de la información obtenida para la presente investigación se obtuvo de informes emitidos por la Secretaría Nacional de Gestión y Riesgos (SNGRE), por el GAD Municipal de Chunchi, fotos del servidor de Google Earth, Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador entre 2°-3° S, Mapa Geológico Local de Chunchi elaborado por INIGEMM 2011
- El deslizamiento se ubica entre las coordenadas corona: UTM 730629.459-9746994.315 y pie del deslizamiento: UTM 729000.125-9746762.512, con una longitud de aproximadamente 1,8 kilómetros. El movimiento de masas se produjo en sentido Suroeste desde la corona del deslizamiento hasta las estribaciones del río Picay y luego los flujos siguieron en dirección Noroeste en el sentido del caudal del río.
- En la zona de estudio se dieron movimientos de masas de tipo rotacional causado por los esfuerzos de tracción, deslizamientos tipo flujos por el gran contenido de agua o saturación de la zona y se aprecian movimientos tipo propagación lateral.
- De acuerdo al catálogo e información proporcionando por el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional en días anteriores y posteriores al deslizamiento no existe ningún tipo de evento sísmico con estos datos se puede concluir que el evento no se produjo por algún movimiento sísmico.
- Litológicamente el cantón Chunchi se encuentran asentado sobre rocas de origen volcánico y volcano-sedimentario cubiertas por depósitos superficiales. Estos suelos al sufrir procesos de meteorización, sedimentación, erosión, transporte por la interacción

de los agentes del medio ambiente producen fracturas en los macizos rocosos lo que a su vez provoca inestabilidad en los taludes ocasionando la reducción de sus propiedades de resistencia y originando roturas sobretodo en condiciones de presencia de agua.

- La saturación del terreno se debe a la carga y descarga constantes y rápida de los acuíferos de la zona donde el volumen de agua es utilizado para actividades pecuarias y agrícolas. El uso no controlado de las vertientes de agua y características como la cobertura vegetal implican una cantidad mayor de agua de infiltración al suelo produciendo inestabilidad en los taludes.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un muestreo de aguas que atraviesan la zona deslizada, con la finalidad de descartar o confirmar posibles flujos de aguas servidas.
- Realizar un plan de manejo y estabilización del talud a largo plazo con el aprovechamiento apropiado del recurso agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. (2011). *Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de UNIVERSIDAD DE CUENCA. Repositorio Institucional:
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/739/1/ti866.pdf>
- Abril, B. (2004). *Prevención y mitigación de desastres en la cuenca del Paute*. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de https://www.academia.edu/6041639/Prevenci%C3%B3n_y_mitigaci%C3%B3n_de_desastres_en_la_cuenca_del_Paute
- Alaguer Carmenates, Y. (2006). *EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO A LA ROTURA POR DESARROLLO DE DESLIZAMIENTOS EN EL YACIMIENTO PUNTA GORDA. (RESUMEN DE TESIS DOCTORAL / 2005)*. Minería y Geología. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223517654004.pdf>
- Alcántara Ayala, I. (7 de octubre de 1999). Landslices ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. 41(Boletín del Instituto de Geografía UNAM). México: Investigaciones Geográficas. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n41/n41a2.pdf>
- Alcántara Ayala, I. (5 de Julio de 2010). *ResearchGate*. (D. G. Ciencia, Ed.) Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de Derrumbes: una luz al final del túnel:
[https://www.researchgate.net/publication/288369341_Derrumbes_una_luz_al_final_d](https://www.researchgate.net/publication/288369341_Derrumbes_una_luz_al_final_del_tunel)
el_tunel

Alva, J. (1994). NOTAS SOBRE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES. *Universidad Nacional de Ingeniería*, 62. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo02_a.pdf

Alvarado, A. (10 de Octubre de 2012). *Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur*. Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de UNIVERSITE DE GRENOBLE: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00870332/document>

Andagoya, E., Alquina, D., Reina, J. C., & Coronel, O. (2021). *INFORME DE ASISTENCIA TÉCNICA SNGRE-GADM CANTÓN CHUNCHI-ZONAS INESTABLES EN LOS SECTORES LA ARMENIA Y CULLPA CHUNCHI-PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. Quito.

Aristizábal, E., Martínez, H., & Vélez, J. (Junio de 2010). Una revisión sobre el estudio de movimientos en. *REVISTA ACADÉMICA COLOMBIA CIENCIA*, 34(131), 209-227. Recuperado el 25 de Junio de 2020, de UNA REVISIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS EN MASAS DETONADOS POR LAS LLUVIAS: https://www.accefyn.com/revista/Vol_34/131/209-227.pdf

Aversa, S., Leonardo, C., Picarelli, L., & Scavia, C. (2016). Human-Induced Landslides: Toward the analysis of anthropogenic changes of the slope environment. En M. Jaboyedoff, C. Michoud, M. Derron, J. Voumard, G. Leibundgut, K. Sudmeier, . . . E. Leroi, *Landslides and Engineered Slopes, Experience, Theory and Practice* (pág. 16). CRC Press.

Ayala, L. (28 de Febrero de 2018). *Explorock*. Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de Identificación de indicadores cinemáticos en geología estructural: sgp.org.pe/wp-content/uploads/LAyala-SGP-180227.compressed.pdf

- Borja Núñez, R. (01 de Diciembre de 1993). *La Josefina. ¿Por qué se vino el cerro abajo?*
Recuperado el 25 de Junio de 2021, de <https://isbn.cloud/9789978500057/la-josefina-por-que-se-vino-el-cerro-abajo/>
- Brabb, E., & Harrod, B. (1990). *Landslides: Extent and economic significance (Proceedings of the 28th International Geological Congress: Symposium on Land Slides, Washington, DC, 17th July 1989)* (Duncan McGregor ed., Vol. 2).
doi:<https://doi.org/10.1002/ldr.3400020408>
- Braja M Das. (1999). Capítulo uno: Propiedades Geotécnicas del suelo y del suelo reforzado. En T. EDITORES (Ed.), *Principios de ingeniería de cimentaciones* (2. p. Editores, Trad., 4 ed., Vol. 4, págs. 1-24). PWS Publishing. Recuperado el 26 de Junio de 2021
- Braja, M. (2014). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Cuarta Edición ed.). (L. Javier, Trad.) México: Cengage Learning. Recuperado el 1 de Septiembre de 2021
- Buitrón, S. (Agosto de 2014). *Metodología y modelo para movimientos en masa (Deslizamientos, Derrumbes, Caída, Flujo y Reptación) utilizando técnicas de SIG y Teledetección*.
Recuperado el 06 de Agosto de 2021, de Tesis de grado:
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3849/1/112486.pdf>
- Bustamante Calderón, D. (27 de Julio de 2018). Perspectiva para zonificación del riesgo por deslizamientos para el cantón Riobamba. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(1), 9.
- Cajas, M. (Noviembre de 2017). *Caracterización morfotectónica de la estructura anticlinal del borde de la cuenca de Quito, utilizando evidencia geofísica y geomorfológica*.
Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de Trabajo de titulación:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18946/3/CD-8340.pdf>

Castro, R., Romero, M., Loarte, G., & Galeas, R. (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas*.

Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de Ministerio del Ambiente:

<http://app.sni.gob.ec/sni->

[link/sni/Gobierno%20Provincial%20Azuay/limites%20GPA/EstudioLimitesAzuayLoja/Geofomas453103936428118386.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Gobierno%20Provincial%20Azuay/limites%20GPA/EstudioLimitesAzuayLoja/Geofomas453103936428118386.pdf)

Cerebralia. (s.f.). *Cerebralia*. Obtenido de Los Deslizamientos:

<https://cerebralia.com/peligros/deslizamientos>

Chaux Puentes, R. (2014). *COMPETENCIAS*. Obtenido de

<http://ramonchaux.wix.com/competencias#!habilidad-analitica/chj>

COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL MÉXICO. (12 de Septiembre de 2016).

Obtenido de <https://docplayer.es/51318926-Curso-causas-que-propician-deslizamientos-y-medidas-de-prevencion-septiembre-12-2016.html>

Copons Llorens, R., & Tallada Masquef, A. (2009). MOVIMIENTOS DE LADERA. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 289-294.

Cruden, D. (Abril de 1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International*

Association of Engineering Geology 43, 27-29. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02590167>

Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslide types and processes*, en Turner, K., y Schuster, R.L.,

ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C., National Academy Press.

Recuperado el 20 de Agosto de 2021

Dai, F., Lee, C., & Ngai, Y. (Abril de 2002). Landslide risk assessment and management: an

overview. *Engineering Geology* 64, 64(1), 65-87. doi:[https://doi.org/10.1016/S0013-](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00093-X)

[7952\(01\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00093-X)

De Matteis, Á. (Agosto de 2003). *Universidad Nacional de Rosario*. Recuperado el 09 de Agosto de 2021, de Geología y Geotecnia-Estabilidad de Taludes:

<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

Demorales, F., & D'ércole, R. (Agosto de 2001). *CARTOGRAFÍA DE RIESGOS Y CAPACIDADES EN EL ECUADOR*. Recuperado el 04 de Agosto de 2021, de Diagnóstico previo a planes de intervención de la ONG's:

http://www.savgis.org/SavGIS/Etudes_realisees/DEMORAES_DERCOLE_Cartografia_riegos_2001.pdf

Dunkley, P., & Gaibor, A. (1997). *Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador*. Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información Cartográfica y Geológica, Quito. Recuperado el 26 de Junio de 2021

Duque Escobar, G. (27 de Noviembre de 2017). *MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS*.

Obtenido de MOVIMIENTOS MASALES:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/movimientosmasales.pdf?sequence=9&isAllowed=y>

Eguez, A., Alvarado, A., Yepes, H., Machette, M., Costa, C., Dart, R., & Bradley, L.-A. (2003).

Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. U.S. Geological Survey, International Lithosphere Program. Denver: Second ISAG. Recuperado el 05 de Agosto de 2021

Escuer Sole, J., & Soler Sampere, M. (Abril de 2005). *IDENTIFICACION DE REPTACIÓN PROFUNDA Y EXTENSIÓN LATERAL EN EL VALLE MEDIO DEL ÉSERA. (HUESCA)*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de

<http://www.geoconsultores.org/ficheros/2e296f19d992703b02023b5a735f56d1.pdf>

Frausto Martínez, O. (17 de Diciembre de 1998). *Derrumbes, deslizamientos y extensión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de Cuauhtepac: región sur de la Sierra de Guadalupe, en la ciudad de México*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n38/n38a3.pdf>

GAD CHUNCHI. (2002). *GAD CHUNCHI*. Obtenido de <http://www.municipiochunchi.gob.ec/index.php/2014-06-11-16-58-24/historia>

GAD Municipal Chunchi. (2021). *Plan de acción para la evacuación de las aguas del sistema de tratamiento de aguas residuales del cantón Chunchi a causa de la declaratoria de emergencia por la presencia de fallas geológicas del sector La Armenia*. Informativo, Chunchi. Recuperado el 30 de Agosto de 2021

GAD MUNICIPAL CHUNCHI. (2021). *PLAN DE ACCIÓN PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN CHUNCHI A CAUSA DE LA DECLARATORIA DE EMERGENCIA POR LA PRESENCIA DE FALLAS GEOLÓGICAS DEL SECTOR LA ARMENIA*. Chunchi. Recuperado el Mayo de 2021

GAD Municipal del Cantón Chunchi. (11 de Noviembre de 2014). *Diagnóstico PD y OT Chunchi*. Recuperado el 11 de Julio de 2021, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/Diagn%C3%B3stico%20PD%20y%20OT%20Chunchi%202014_14-11-2014.pdf

GAD PARROQUIAL RURAL DE GUASUNTOS. (24 de Junio de 2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Guasuntos*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <http://www.guasuntos.gob.ec/gobierno-parroquial/plan-de-desarrollo/234-pdot-gadpr-guasuntos-2019-2023/file.html>

GADPCH. (2019). *Prefectura Chimborazo*. Obtenido de <https://chimborazo.gob.ec/la-institucion/>

García, N., Nieto Ferreira, R., & Latrubesse, E. (16 de Septiembre de 2009). *ScienceDirect*,

Volumen 13. doi:[https://doi.org/10.1016/S0928-2025\(08\)10001-3](https://doi.org/10.1016/S0928-2025(08)10001-3)

GEMMA. (2007). *Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas*

Movimientos en Masa de la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas (1

ed., Vol. 4). Canadá: SEGEMAR. Recuperado el 19 de Agosto de 2021, de

<http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/2792>

Geoquantis. (21 de octubre de 2019). *Factores que influyen en la estabilidad de taludes y laderas*

en suelo. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de

<https://geoquantics.com/2019/10/21/factores-influyen-la-estabilidad-taludes-laderas-suelo/>

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Taludes. En *Ingeniería*

Geológica (págs. 429-486). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado el 19 de Agosto de 2021

Hall, M. (2000). *Estudios de Geografía* (Vol. 9). Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.

Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/40-los-terremotos-de-ecuador-del-5-de-marzo-de-1987/file>

Hihgland, L., & Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre

los derrumbes. En C. 1. los (Ed.), (pág. 129). Reston. Obtenido de

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2665/doc2665-contenido.pdf>

- Hungr, O., Evans, S., Bovis, M., & Hutchinson, J. (01 de Agosto de 2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience* (2001), 221-238. doi:<https://doi.org/10.2113/gseegeosci.7.3.221>
- IEE & MAGAP. (Julio de 2013). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1:25.000*. Informativo, SENDAPLADES , Chunchi. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de Memoria Técnica Cantón Chunchi.
- INDECI. (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Movimientos en Masa en Laderas/ Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)* (Vol. 3). Lima: Litigraf EIRL. Mariscal La Heras Nº 675. Recuperado el 26 de junio de 2020, de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-1a.pdf>
- INERHI-PREDESUR-CONADE. (s.f.). *Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja*. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de OAS: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch01.htm#prefacio>
- INIGEMM. (2011). *Hoja Geológica Alausí Esc: 1:50.000*. Quito: IGM.
- Instituto de Geografía. (s.f.). *Universidad Católica de Chile*. Recuperado el 09 de Agosto de 2021, de http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/1_4_2.html
- Jaillard, E., Lapierre, H., Ordóñez, M., Toro, J., Amórtegui, A., & Vanmelle, J. (January de 2009). Accreted oceanic terranes in Ecuador: southern edge of the Caribbean Plate? *Geological Society*, 469-85. doi:<https://doi.org/10.1144/SP328.19>
- Júarez, E., & Alfonso, R. (2005). *Mecánica de suelos I* (Vol. 1). México, México: LIMUSA. doi:https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf

- Júarez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos I* (Vol. 1). México, México: LIMUSA.
doi:https://suelos.milaulas.com/pluginfile.php/128/mod_resource/content/1/Mecanica%20de%20suelos%20-%20Juarez%20Badillo.pdf
- Lozano, P., Küppers, M., & Bussmann, R. (2007). REGENERACIÓN PIONERA EN DESLIZAMIENTOS DE TIERRA PRODUCIDOS POR PERTURBACIONES ANTROPOGÉNICAS JUNTO A CARRETERAS, EN LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS, ECUADOR. *Cinchonia*, 1267-135. Recuperado el 29 de Julio de 2021
- Marc, O. (16 de Febrero de 2018). *Grupo de Investigación Paisaje y Reconstrucción Paleoambiental de la Montaña*. Recuperado el 09 de Agosto de 2021, de LÓBULOS DE SOLIFLUXIÓN Y FLUCTUACIONES PALEOCLIMÁTICAS DURANTE EL HOLOCENO EN SIERRA NEVADA: <https://core.ac.uk/download/pdf/217352593.pdf>
- MINMINAS. (Octubre de 2017). *Servicio Geológico Colombiano*. (I. N. Colombia, Ed.) Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/Clasificacion-MM-Terrenos-Geologicos-Colombia.pdf>
- Montero Olarte, J. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. (S. G. COLOMBIANO, Ed.) Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/Clasificacion-MM-Terrenos-Geologicos-Colombia.pdf>
- Mora Chinchilla, R. (s.f.). *Deslizamientos*. Lima. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de <https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc15358/doc15358-portada.pdf>

- Morales, W., & Rodríguez, S. (2013). Deslizamiento de laderas desencadenados por meteoros del 2013. "Casos de estudio". En *La Gestión del Riesgo por deslizamientos de laderas en el Estado de Veracruz durante 2013* (págs. 30-42). Recuperado el 26 de Julio de 2021, de <http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2014/08/Libro-Gestion-del-Riesgo-por-Deslizamiento-de-Laderas.pdf>
- Ochoa Arias, P. (2015). La gestión territorial de la cordillera de los Andes en zonas vulnerables: la cuenca del río Jubones. *Memorias del II Congreso Binacional de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Universidades*, 679-695. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11154/1/La%20gestion%20territorial%20de%20la%20cordillera%20de%20los%20Andes%20en%20zonas%20vulnerables%20a%20cuenca%20del%20rio%20Jubones.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). El Fenómeno El Niño en Ecuador. Obtenido de <https://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/spa/doc12863/doc12863-10.pdf>
- Otavaló, C., Pulupa, A., & Plaza, G. (Mayo de 2017). *SÍNTESIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS METODOLÓGICOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA, HOJA RIOBAMBA ESCALA 1:50000*. Recuperado el 25 de Junio de 2021, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/316940473_SINTESIS_DE_RESULTADOS_DE_LOS_ENSAYOS_METODOLOGICOS_PARA_LA_ZONIFICACION_DE_SUSCEPTIBILIDAD_A_MOVIMIENTOS_EN_MASA_HOJA_RIOBAMBA_ESCALA_150_000

- Pazos, V., & Vinueza, W. (1990). Contribución al estudio sobre los deslizamientos en el Ecuador (tesis pregrado). *Escuela Politécnica Nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 05 de Agosto de 2021
- Pin , J. (1 de Agosto de 2018). *SEISMICKNOWLEDGE*. Recuperado el 26 de Julio de 2021, de Advanced Solutions for Safe and Resilient Building Against Earthquakes: <https://sites.ipleiria.pt/seismicknowledge/cinturon-de-fuego-del-pacifico/>
- Plaza Nieto, G., & Zevallos Moreno, O. (Diciembre de 1994). LA JOSEFINA: LECCIONES APRENDIDAS EN ECUADOR. (L. RED, Ed.) *DESBORDES, INUNDACIONES Y DILUVIOS*, 3, 22-38. Obtenido de <https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc6572/doc6572.pdf>
- Podwojewski, P. (1999). *Los suelos de las latas tierras andinas: los páramos del Ecuador*. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Julio. Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de Sociedad Ecuatoria de la Ciencias del Suelo: <https://core.ac.uk/download/pdf/39848069.pdf>
- Puca Salazar, D. (2015). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Trabajo de titulación*. Obtenido de “ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DEL TALUD EN LA AVENIDA RODRIGO PACHANO Y JULIO ENRIQUE PAREDES DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN LA SEGURIDAD DE LOS HABITANTES DEL SECTOR Y USUARIOS DE LA VÍA.”: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18609/1/Tesis%20949%20-%20Puca%20Salazar%20Danilo%20Fernando.pdf>
- Ramón Pérez, G. (2018). *Geodinámica del movimiento de ladera en calle Gonzalo Pizarro de la ciudad de Zaruma provincia de El Oro, mediante la aplicación de métodos Geofísicos y*

Geodésicos. Obtenido de <https://docplayer.es/125938174-Universidad-tecnica-particular-de-loja-area-tecnica.html>

Robles Jiménez, J. (2020). *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*. Recuperado el 05 de Agosto de 2021, de Caracterización y microzonificación del Macro deslizamiento Guarumales y propuesta de medidas de mitigación, Azuay-Ecuador:
dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22447/1/T-UCE-0012-FIG-031-P.pdf

Salazar, R., & Acosta, J. (1993). Hipótesis sobre el origen del deslizamiento "La Josefina" y geomorfología del área de influencia. *Revista Geográfica*, 33(9218-9222). Recuperado el 25 de Junio de 2021, de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Enero2006/CD-1/pdf/spa/doc9222/doc9222-portada.pdf>

Samaniego, E. (Agosto de 2008). *Deslizamientos en la comunidad de "Pueblo Viejo, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo"*. Recuperado el 25 de Junio de 2021, de <https://1library.co/document/y90ro3jy-deslizamientos-comunidad-pueblo-viejo-canton-alausi-provincia-chimborazo.html>

Santamarta Cereza, J., Hernández Guitiérrez, L., & Arraiza Bermudez, M. (2014). *Natural Hazards & Climate Change*. (C. d. Montes, Ed.) Madrid, España: RECLAND.

Sieron, K. (Diciembre de 2014). *Mecanismos asociados a la inestabilidad de laderas: factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de 1er Foro "Inestabilidad de laderas en el Estado de Veracruz: necesidades de investigación y búsqueda de soluciones":
<http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/5/2014/11/1-Katrin-Sieron-CCT-UV.pdf>

- SNGRE. (2021). *Informe de Situación-Deslizamiento de Chunchi* . Informe de Situación No 8 Chunchi, Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, Quiro. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/Informe-de-Situacion-No-8-Chunchi-19022021.pdf>
- Suarez Diaz, J. (1998). *DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES* (Vol. 1). (I. d. Deslizamientos, Ed.) Bucaramanga: Distribuido por Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos* (Vol. Análisis Geotécnico). Bucaramangara, Colombia. Recuperado el 26 de junio de 2021
- Suárez, J. (2009). Los Flujos. En *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (Vol. 1, págs. 174-208). Bucaramanga. Recuperado el 26 de junio de 2021
- Suárez, J. (2009). Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos. En *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (págs. 1-36). Bucaramanga.
- Tamay Granda, J. (2018). *Estructura de cuencas intramontañosas del sur de Ecuador en relación con la tectónica de la cordillera de los andes a partir de datos geofísicos y geológicos*. Universidad de Granada. doi:<http://hdl.handle.net/10261/214820>
- Universidad de Alcalá. (s.f.). *Geología Física*. Obtenido de Las formas del Relieve: https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-65108/TAB42351/GF-II-2.pdf

- USGS. (2004). *Landslide Types and Processes*. U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>
- Varnes, D. (1978). *Slope Movement and Processes en Landslides: Analysis and Control*. (N. A. Sciences, Ed.) Washington. Recuperado el 20 de Agosto de 2021
- Vásconez, M. (9 de septiembre de 2014). *Ecuador 63 El desastre de la Josefina de 1993*. Recuperado el 25 de julio de 2021, de <http://mariovasconez.blogspot.com/2014/09/ecuador-63-el-desastre-de-la-josefina.html>
- Vieira Marcelino, E. (2003). *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Antônio Roberto Formaggio: http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=naturaldisasters:pdfs:dissertacao_marcelino.pdf
- Viviescas Restrepo , J. (2010). *GRIETAS EN CONTRUCCIONES OCASIONADAS POR PROBLEMAS GEOTÉCNICOS*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2021, de Tesis de pregrado: <https://core.ac.uk/download/pdf/47251294.pdf>
- Wang, G., & Sassa, K. (2003). Pore-pressure generation and movement of rainfall-induced landslides: effects of grain size and fine-particle content. En *Engineering Geology* (Vol. 69, págs. 109-125). Kyoto. doi:[https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(02\)00268-5](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00268-5)

Winckfil, A. (2009). Relieve y Geomorfología Ecuador. *Misión en Ecuador-Apartado 99B*, 1-17.

Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-08/22644.pdf

Zeas Domínguez, R. (Junio de 2013). REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD DE CUENCA.

(U. Cuenca, Ed.) *Galileo*, 87-98. Recuperado el 25 de Junio de 2021, de Revista Galileo:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30019/2/Deslizamiento%20Josefina.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Mapa Geológico Regional Cantón Chunchi

Anexo 2: Mapa Geológico Local Cantón Chunchi

Anexo 3: Plano en Planta y perfiles deslizamiento Chunchi