UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TITULO:

"ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA VILLONACO; DESDE LA Y SECTOR EUCALIPTOS HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA VILLONACO Y VÍA ANTIGUA A CATAMAYO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"

AUTORA:

Andrea de Lourdes Lapo Paredes

Previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg. Sc.

LOJA - ECUADOR

2016

II. CERTIFICACIÓN

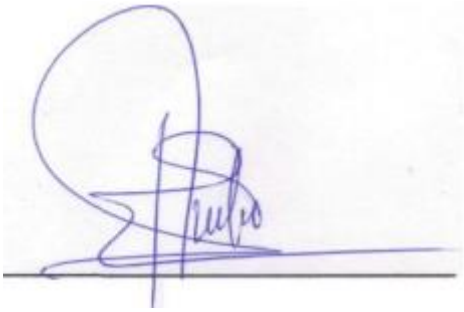
Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA

Haber dirigido, asesorado y revisado el presente proyecto de tesis denominado **"ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA VILLONACO; DESDE LA Y SECTOR EUCALIPTOS HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA VILLONACO Y VÍA ANTIGUA A CATAMAYO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"** realizado por la egresada Andrea de Lourdes Lapo Paredes**,** previo a la obtención del título de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, que en cumplimiento con la reglamentación y políticas de investigación, autorizo su presentación así como su posterior sustentación y defensa.

Loja, 12 de diciembre de 2016



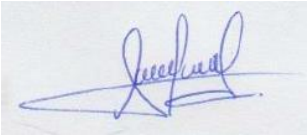
Ing. Jimmy Stalin Paladines Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

III. AUTORÍA

Yo **ANDREA DE LOURDES LAPO PAREDES**, declaro ser autora del presente proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual

Firma: 

Cédula: 1105220204

Fecha: Loja, 12 de diciembre de 2016

IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **ANDREA DE LOURDES LAPO PAREDES,** declaro ser autora de la tesis titulada: **"ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA VILLONACO; DESDE LA Y SECTOR EUCALIPTOS HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA VILLONACO Y VÍA ANTIGUA A CATAMAYO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA",** como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de diciembre del dos mil dieciséis.

Firma:

Autor: Andrea de Lourdes Lapo Paredes

Cédula: 1105220204

Dirección: Ciudad de Loja, Barrio "Los Eucaliptos"

Correo Electrónico: andrealapo2008@hotmail.com

Teléfono: 3025842 **Celular:** 0994345151

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directos de Tesis: Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Jorge Enrique Gaona Pacheco, Mg. Sc.

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

V. DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, a mis padres Julio y Marina quienes me han regalado la vida, que con su amor y enseñanza han sembrado en mí las virtudes que se necesitan para vivir además de ser mi soporte diario.

A mi esposo Marco que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido fuente de sabiduría y el pilar fundamental para la culminación de mi trabajo.

A mis hermanos Lizbeth, Lenin y Evelyn, así también a mis amigos que han estado siempre a mi lado brindándome su apoyo para superarme cada día.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia, dedicación y enseñanza.

VI. AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por haberme regalado la vida, por darme sabiduría y salud para desarrollar mi proyecto.

A mis padres quienes han sabido guiarme día a día con sus consejos y enseñanzas.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, por ende a la carrera de Ingeniería Ambiental y Ordenamiento Territorial, a su planta docente, que han permito mi formación académica, impartiéndome sus conocimientos y la oportunidad de desarrollarme en la vida profesional.

De manera especial agradezco al Ing. Jimmy Stalin Paladines, quien en calidad de director de tesis me presto su apoyo y asesoramiento para desarrollar la misma.

Mi agradecimiento especial al Ing. Julio Romero en calidad de Coordinador de Carrera, por su apoyo continuo, y su excelente gestión enfocada al mejoramiento de la calidad académica.

VII. TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido **pág.**

II. CERTIFICACIÓN ii

III. AUTORÍA iii

IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO. iv

V. DEDICATORIA v

VI. AGRADECIMIENTO vi

VII. TABLA DE CONTENIDOS vii

1. TÍTULO 1

2. RESUMEN 2

2.1 ABSTRACT 3

3. INTRODUCCIÓN 4

4. REVISIÓN DE LITERATURA 6

4.1 Topografía 6

4.2 Estudios geológicos 6

4.2.1 Geología 7

4.2.2 Prospección geológica 8

4.3 Geomorfología 8

4.4 Geofísica 8

4.4.1 Prospección geofísica 9

4.5 Fenómenos de remoción en masa 12

4.5.1 Clasificación de fenómenos en masa 13

4.6 Susceptibilidad a deslizamientos 16

4.6.1 Mapas de susceptibilidad 17

4.6.2 Métodos de mapeo de áreas susceptibles 19

5. MATERIALES Y MÉTODOS 21

5.1 Materiales 21

5.2 Metodología 21

5.2.1 Metodología para el primer objetivo 21

5.2.2 Metodología para el segundo objetivo 24
5.2.3 Metodología para el tercer objetivo 31
5.2.4 Metodología para el cuarto objetivo 35
6. RESULTADOS 39
6.1 Datos generales 39
6.1.1 Ubicación geográfica. 39
6.1.2 Acceso. 40
6.1.3 Clima. 40
6.1.4 Datos socio económicos 40
6.2 Análisis de susceptibilidad 41
6.2.1 Topografía 41
6.2.2 Geología 43
6.2.3 Estratigrafía 58
6.2.4 Geología estructural 59
6.2.5 Geomorfología 61
6.2.6 Uso actual de suelo 64
6.2.7 Caracterización geotécnica 64
6.2.8 Inventario de deslizamientos 77
6.2.9 Mapa de susceptibilidad 80
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 89
8. CONCLUSIONES 90
9. RECOMENDACIONES 92
10. BIBLIOGRAFÍA 93
11. ANEXOS 96

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido **pág.**

Tabla 1. Resistividades de rocas ígneas y metamórficas. 10
Tabla 2. Resistividades de rocas sedimentarias 11
Tabla 3. Clasificación de los tipos de movimientos 13
Tabla 4. Causas de deslizamientos 16
Tabla 5. Clasificación de susceptibilidad a deslizamiento deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (Crozier, 1986)..... 17
Tabla 6. Materiales de campo y oficina 21
Tabla 7. Clasificación del ángulo de pendiente 23
Tabla 8. Clasificación modificada en bases a Demek, 1972. 23
Tabla 9. Ubicación de puntos de afloramientos..... 24
Tabla 10. Categorías de forma de vertientes 26
Tabla 11. Categorías de pendiente. 27
Tabla 12. Categorías de desnivel relativo 28
Tabla 13. Categorías de longitud de la vertiente 28
Tabla 14. Categorías de fondo de valle 29
Tabla 15. Formas de relieve según su origen 30
Tabla 16. Denominaciones para el uso actual de suelo 31
Tabla 17. Coordenadas geográficas de cada línea SEV 31
Tabla 18. Ubicación de Ensayos de Penetración Estándar (SPT). 33
Tabla 19. Parámetros de calibración para el mapa de susceptibilidad 35
Tabla 20. Condición de asignación de pesos a las variables. 37
Tabla 21. Pesos de criterios usados en el Método de Suma de Rango. 37
Tabla 22. Criterios para jerarquizar la susceptibilidad 38
Tabla 23. Coordenadas de ubicación del sector de estudio 39
Tabla 24. Pendientes modificadas de acuerdo a Demek (1972) 43
Tabla 25. Ficha de afloramiento 48
Tabla 26. Ficha de afloramiento 49
Tabla 27. Ficha de afloramiento 50
Tabla 28. Ficha de afloramiento 51

Tabla 29. Ficha de afloramiento 52
Tabla 30. Ficha de afloramiento 53
Tabla 31. Ficha de afloramiento 54
Tabla 32. Ficha de afloramiento 55
Tabla 33. Ficha de afloramiento 56
Tabla 34. Estratigrafía del área de estudio 58
Tabla 35. Datos geomorfológicos 62
Tabla 36. Unidades geomorfológicas del sector 63
Tabla 37. Uso Actual de Suelo del área de estudio. 64
Tabla 38. Datos procesados en la línea SEV 1. 65
Tabla 39. Datos procesados en la línea SEV 2. 66
Tabla 40. Datos procesados en la línea SEV 3. 68
Tabla 41. Resultados de suelo SPT 1 71
Tabla 42. Resultados de suelo SPT 2 72
Tabla 43. Valoración geotécnica de las unidades geológicas 74
Tabla 44. Ubicación deslizamientos 77
Tabla 45. Datos para el cálculo de factor de seguridad en seco 80
Tabla 46. Datos para el cálculo de factor de seguridad saturado 80
Tabla 47. Condición para asignación de pesos 81
Tabla 48. Asignación de pesos para la variable geología 81
Tabla 49. Asignación de pesos para la variable geomorfología 81
Tabla 50. Asignación de pesos para la variable uso actual de suelo 82
Tabla 51. Asignación de pesos para la variable pendiente 82
Tabla 52. Clases de susceptibilidad del sector de estudio por el método heurístico 84
Tabla 53. Clases de estabilidad y factor de seguridad 86
Tabla 54. Datos Geotécnicos usados en la calibración de SINMAP 2.0. (SPT 1) 86
Tabla 55. Datos Geotécnicos usados en la calibración de SINMAP 2.0. (SPT 2) 87
Tabla 56. Estabilidad a deslizamientos por el Método Determinístico 87
Tabla 57. Correlación mapa de susceptibilidad con los deslizamientos 88

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido **pág.**

Figura 1. Medida de resistividades del terreno mediante métodos eléctricos 12
Figura 2. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento 14
Figura 3. Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos 15
Figura 4. Esquema de variable para realizar el Mapa de Susceptibilidad 36
Figura 5. Mapa Ubicación área de estudio 39
Figura 6. Perfiles (longitudinal y transversal), área de estudio 42
Figura 7. Mapa Geología Regional Loja 47
Figura 8. Corte geológico de la cuenca de Loja – Línea A-B. Tomado de Hoja NVI-F Loja 59
Figura 9. Corte geoeléctrico SEV1 66
Figura 10. Corte geoeléctrico SEV2 67
Figura 11. Corte geoeléctrico SEV3 69
Figura 12. Resultados de campo y laboratorio, Ensayo de Penetración Estándar 1 71
Figura 13. Resultados de campo y laboratorio, Ensayo de Penetración Estándar 2 73
Figura 14. a) Dimensiones de las bases b) Área de la loza 75
Figura 15. Secuencia Model Builer 83

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Contenido **pág.**

Fotografía 1. Levantamiento topográfico área de estudio. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 22

Fotografía 2. Levantamiento geológico del área de estudio. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 25

Fotografía 3. Equipo ABEM, SAS 4000. (Sondeo eléctrico vertical (SEV). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 32

Fotografía 4. Equipo de Ensayo de Penetración Estándar. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 34

Fotografía 5. Estructuras de lutitas Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 57

Fotografía 6. a) Esquistos b) Esquistos meteorizaos con intercalaciones de cuarcitas Formación Chuiguinda. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 57

Fotografía 7.Contacto Formación Chiguinda; Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 57

Fotografía 8. Estructuras de lutitas Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 60

Fotografía 9. Estructuras de esquistos formación Chiguinda [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 61

Fotografía 10. Equipo de sondeo eléctrico vertical [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 65

Fotografía 11. Equipo de Ensayo de Penetración Estándar (SPT). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 70

Fotografía 12. Muestra 2m del ensayo de Penetración Estándar (SPT). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 72

Fotografía 13. Fotografía deslizamiento 1.a) árboles inclinados b) daños causados. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 77

Fotografía 14. Fotografía deslizamiento 2. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 78

Fotografía 15. Fotografía deslizamiento 3. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 78

Fotografía 16. Fotografía deslizamiento 4. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016). 79

1. TÍTULO

“ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA VILLONACO; DESDE LA Y SECTOR EUCALIPTOS HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA VILLONACO Y VÍA ANTIGUA A CATAMAYO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”

2. RESUMEN

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo el análisis de susceptibilidad a deslizamientos, que esta propensa a sufrir la Vía Villonaco, desde la Y sector Eucaliptos hasta la intersección vía Villonaco y vía antigua a Catamayo.

Para su realización se ejecutaron trabajos de campo y de oficina, entre los que podemos mencionar son: levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico y uso actual de suelo todos los datos obtenidos fueron procesados en oficina.

Con el propósito de conocer las características geotécnicas del sector se realizaron Sondeos Eléctricos como método indirecto y Ensayos de Penetración Estándar (SPT) como método directo, para correlacionar con la geología levantada anteriormente además de conocer la presencia de agua en el sector y resistividad de los materiales. Otro parámetro adicional a estos fue el inventario de deslizamientos, que se lo hizo con el propósito de conocer el número de deslizamientos con sus medidas morfométricas presentes en el área de estudio además de conocer el área de afectación de los mismos.

Para obtener el mapa de susceptibilidad se procedió a la aplicación del método determinístico en el que se emplearon parámetros de calibración obtenidas mediante el ensayo de penetración estándar (SPT) como: densidad del suelo, cohesión, cotas, ángulo de fricción interna, gravedad, densidad del agua y espesor del suelo.

Dando como resultado 4 grados de Estabilidad que son muy baja inestabilidad (10,8 %), baja estabilidad (15,01 %), moderada estabilidad (12,5%) y alta estabilidad (67,34%), y estableciéndose que las zonas críticas (áreas inestables y de estabilidad baja) del terreno son generadas principalmente por influencia del agua de infiltración; las áreas corresponden específicamente al Sur – Este del área de estudio.

2.1 ABSTRACT

This thesis project aims at analyzing landslide susceptibility, which is prone to Via Villonaco from the industry and eucalyptus trees to the intersection via Villonaco old to Catamayo road.

For its realization fieldwork and office were executed, among which may be mentioned are: topographic, geological, geomorphological survey and current land use all data obtained were processed in office.

In order to meet the geotechnical characteristics of the sector electrical soundings as an indirect method and Test Standard Penetration (SPT) as a direct method were performed to correlate with geology raised above in addition to knowing the presence of water in the sector and resistivity materials. Another additional parameter to these was the landslide inventory, which it did in order to know the number of slides with their morphometric measurements present in the study area besides knowing the area affected thereof.

For the map of susceptibility proceeded to the application of deterministic method in which calibration parameters obtained by standard penetration test (SPT) as used: soil density, cohesion, dimensions, angle of internal friction, gravity, density water and soil thickness.

Resulting in 4 degrees of stability that are very low jitter (10.8%), low stability (15.01%), moderate stability (12.5%) and high stability (67.34%), and establishing the critical areas (unstable areas and low stability) terrain are generated mainly by influence of water infiltration; areas specifically for the South - East of the study area.

3. INTRODUCCIÓN

Los estudios de susceptibilidad a deslizamientos en nuestra ciudad, en los últimos años se han venido realizando con mayor frecuencia, debido al incremento de la población que habita en zonas inestables.

El presente tema de estudio investigativo tiene la finalidad de determinar y analizar geológica y geotécnicamente, las zonas de mayor grado de susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico, el cual considera una metodología de cálculo a través de parámetros geomecánicos, además de la influencia del agua para identificar los terrenos de mayor grado de susceptibilidad.

El sector de estudio está ubicado en la provincia y cantón Loja, al occidente de la ciudad, específicamente la vía Villonaco, desde la Y sector Eucaliptos hasta la intercesión con la vía antigua a Catamayo; cubre un área de 97,20 hectáreas, con una franja topográfica de 300 m al margen de la vía, está caracterizado por presentar terrenos que van desde planos hasta empinados, estructurados de materiales como: lutitas, areniscas cuarcitas y esquistos muy meteorizados.

Se han identificado cuatro deslizamientos de tipo rotacional que afectan a la infraestructura tanto lineal como vertical del sector de estudio, inducidos por diversas causas, que actúan como factor detonante, las más frecuentes son las fuertes lluvias. Debido a las afectaciones sufridas por los deslizamientos en el sector es de gran importancia la generación de mapas de susceptibilidad para minimizar los impactos producidos por los mismos.

Este estudio servirá de gran apoyo para los futuros Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial a nivel Municipal, para identificar las zonas susceptibles a deslizarse, de tal manera que se apliquen políticas y ordenanzas municipales para la construcción.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la vía Villonaco; desde la Y sector Eucaliptos hasta la intersección vía Villonaco y vía antigua a Catamayo, cantón y provincia de Loja.

Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico a escala 1: 4000 de 300 m de los márgenes del eje de la vía.

- Realizar el levantamiento geológico a escala 1: 4000 del área de influencia, identificando los principales rasgos litológicos, características geomorfológicas y estructurales.

- Determinar las características geotécnicas del área de estudio a través de sondeos eléctricos verticales y SPT.

- Realizar un mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la zona de estudio, a través del método determinístico.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Topografía

La topografía puede describirse como el arte de realizar medidas sobre la superficie terrestre con el propósito de elaborar mapas, planos o determinar una superficie.

Aranha Domínguez (1979) definía a la topografía como "el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. También compete a la topografía el replanteo de proyectos."

La topografía, se ocupa principalmente, de la representación de una porción de la Tierra, lo cual se realiza dando coordenadas a puntos de la superficie; estas coordenadas están referidas a un sistema preestablecido y determinado. Por lo tanto, la Topografía consiste en diseñar un modelo semejante al terreno, para al final obtener un plano o un mapa del mismo.

Actualmente se efectúan tres tipos de levantamientos, los cuales son:

- Topografía plana, se utilizan para abarcar superficies reducidas; se realizan despreciando la curvatura de la tierra.
- Geodesia, son levantamientos en grandes extensiones de terreno, por ejemplo el mapa topográfico de un país, y se considera la curvatura terrestre, la cual requiere de gran precisión.
- Fotogrametría, se realizan por medio de fotografías aéreas o satelitales.

4.2 Estudios geológicos

Paladines y Soto (2010), indican que el conocimiento de la tierra es esencial para el desarrollo sostenible y riqueza de los pueblos. El estudio geológico en la naturaleza tiene por objetivo determinar el comportamiento del terreno como material de construcción para obras ingenieriles, como para el emplazamiento del Parque Eólico, debido que el terreno es un factor fundamental al tener en cuenta en la ejecución de proyectos ya que los condiciona de forma importante por constituir el medio en el que se sustentarán las

obras que en ellos se proyecten. Para el cual debe reunir una serie de características que lo hagan válido como cimiento de la futura obra. Es por ello que el emplazamiento de una determinada obra depende de las características del suelo siendo siempre preferible su ubicación en aquellos que presenten un buen comportamiento geotécnico geológico.

4.2.1 Geología

Navarrete (2005), define a la Geología como una ciencia que concierne a la Tierra y los materiales de los que está constituida, los procesos que los formaron durante el tiempo geológico y el modelado de su superficie en el pasado y en el presente.

La geología es la ciencia del planeta Tierra. Estudia sus materiales, estructura, procesos que actúan en su interior y sobre la superficie, minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósito. La Geología también se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia. En sus rocas está encerrada la historia de la vida.

La geología es el estudio de las características y propiedades de los materiales que componen la corteza terrestre, además, de su comportamiento frente a diferentes fenómenos endógenos y exógenos a los que se encuentra expuesta y que son el motivo de su evolución.

La Geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la Geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. Con frecuencia, la geología requiere una comprensión y una aplicación del conocimiento y los principios de la física, la química y la biología.

López Marinas, (2000) indica ingeniería geológica es la ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de los estudios geológico es asegurar los factores geológicos condicionantes de las obras ingeniería sean tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos.

4.2.2 Prospección geológica

Es aquella que nos permite conocer, interpretar y aplicar los conceptos y metodologías más convenientes para resolver las secuencias subyacentes, mediante análisis de técnicas sean directas e indirectas para la búsqueda de yacimientos minerales, rocas de aplicación y ornamentales y agua.

Existen según su forma dos tipos principalmente:

Directa: la que se realiza mediante la exploración de campo (in situ) y se registran resultados de ensayos y exploración mediante los diferentes métodos existentes para tal fin.

Indirecta: aquella que se realiza mediante el uso de SIG (sistemas de información geográfica), estudio de documentación existente, Estudio preliminar de yacimientos posibles y determinación de yacimientos probables.

4.3 Geomorfología

Según el Diccionario de Geología y Mineralogía define a la Geomorfología como la "rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo".

Escobar (2013), desde su libro "Manual de geología para Ingenieros", enuncia que: "La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física".

4.4 Geofísica

Por definición, Geofísica es la aplicación de los principios y prácticas de la Física para la resolución de los problemas relacionados con la Tierra. Puede decirse que surgió de la Física y de la Geología.

Además podemos decir que la geofísica es la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se producen en nuestro planeta, destacando entre estos, electromagnetismo, la propagación de ondas mecánicas en la corteza terrestre y la gravedad.

El objetivo principal y actual de la Geofísica es la determinación de la estructura y composición de la Tierra, así como la historia de sus variaciones pasadas, presentes y futuras. Obviamente este objetivo es compartido por la Geología, se diferencias en la metodología. Los geólogos adquieren el conocimiento de la Tierra mediante observaciones directas de las rocas, mientras que la Geofísica utiliza mediciones indirectas.

4.4.1 Prospección geofísica

La prospección geofísica es el conjunto de técnicas que investiga el interior de la Tierra a partir de las variaciones detectadas en parámetros físicos significativos y de su correlación con las características geológicas. Son técnicas no destructivas y de investigación exhaustiva o con gran cobertura, complementaria de los ensayos *in situ* y técnicas de investigación directa, como los sondeos mecánicos o las calicatas.

Los diferentes métodos geofísicos para el reconocimiento del subsuelo se dividen según el parámetro físico investigado: gravimetría (densidad), magnético (susceptibilidad magnética), eléctricos (resistividad), electromagnéticos (conductividad eléctrica y permeabilidad magnética), sísmicos (velocidad de propagación de ondas sísmicas), radiactivos (niveles de radiación natural o inducida).

Las técnicas geofísicas no brindan directamente información geológica o características mecánicas del subsuelo, más bien son métodos económicos y rápidos, que ofrecen parámetros físicos como: densidad, parámetros elásticos, resistividad, parámetros acústicos, etc. Esta información puede ser correlacionada y permite calibraciones de modelos con métodos de muestreo directo como perforaciones. La interpretación de los resultados demanda la interacción de varios expertos como: Geofísicos, Geólogos, Geotécnicos, Hidrólogos, Hidrogeólogos, etc.

Tabla 1. Resistividades de rocas ígneas y metamórficas.

TIPO DE ROCA	INTERVALO DE RESISTIVIDADES (OHM-M)
Granito	3 x 10^2 – 106
Pórfido granítico	4.5 x 10^3 (húmedo) a 1.3 x 10^6
Pegmatita (pórfido feldespático)	4 x 10^3 (húmedo)
Albita	3 x 10^2 (húmedo) a 3.3 x 10^3 (seco)
Sienita	102 a 106
Diorita	104 a 105
Pórfido de diorita	1.9 x 10^3 (húmedo) a 2.8 x 10^4 (seco)
Porfirito	10-5 x 10^4 (húmedo) a 3.3 x 10^3 (seco)
Pórfido carbonizado	2.5 x 10^3 (húmedo) a 6 x 10^4 (seco)
Pórfido de cuarzo	3 x 10^2 a 9 x 10^3
Diorita cuarzosa	2 x 10^4 a 2 x 10^6 (hum) a 1. 8x10^5 (seco)
Pórfidos (varios)	60 a 104
Dacita	2 x 10^4 (húmedo)
Andesita	4.5 x 10^4 x 10(húmedo) a 1.7 x 10^2 (seco)
Pórfido de diabasa	103 (húmedo) a 1.7 x 10^5 (seco)
Diabasa (varios)	201 a 5 x 10^7
Lavas	102 a 5 x 10^4
Gabro	103 a 10^6
Basalto	101 a 1.3 x 10^7 (seco)
Norita de olivino	10^3 a 6 x 10^4 (húmedo)
Peridotita	3 x 10^3 (húmedo) a 6.5 x 10^3 (seco)
Cornean	8 x 10^3 (húmedo) a 6 x 10^7 (seco)
Esquistos	201 a 104
Tovas	2 x 10^3 (húmedo) a 10^5 (seco)
Esquisto grafitico	101 a 102
Lajas (varios)	6 x 10^2 a 4 x 10^7
Gneis (varios)	6.8 x 10^4 (húmedo) a 3 x 106 (seco)
Mármol	102 a 2.5 x 10^8 (seco)
Eskarn	2.5 x 10^2 (húmedo) a 2.5 x 10^8 (seco)
Cuarcitas (Varias)	10^1 a 2x10^8

Fuente: Telford, 1976

Tabla 2. Resistividades de rocas sedimentarias

TIPO DE ROCA	INTERVALO DE RESISTIVIDAD (OHM – M)
Lutitas consolidadas	20 a 2 x 10^3
Argilitas	10 a 8 x 10^2
Conglomerados	2 x 10^3 a 10^2
Areniscas	1 a 6.4 x 10^8
Lutitas	50 a 107
Dolomitas	3.5 x 10^2 a 5 x 10^3
Arcillas saturadas no consolidadas	20
Margas	3 a 70
Arcillas	1 a 100
Aluviones y arenas	10 a 800
Arenas con petróleo	4 a 800

Fuente: Telford, 1976

4.4.1.1 Sondeo Eléctrico vertical (SEV)

Arias (2011) menciona que la finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado.

Este método eléctrico destaca por su elevada profundidad de resolución. Mediante dos electrodos (A y B) se introduce una corriente eléctrica que genera una diferencia de potencial que se registra con otros.

Aplicaciones

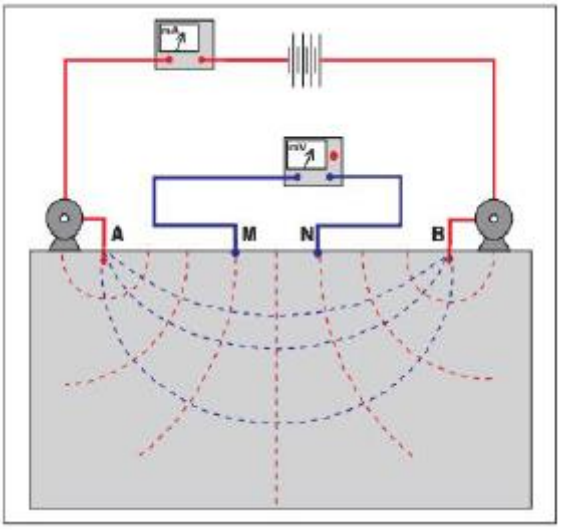
Estudios hidrogeológicos y detección de acuíferos profundos.

Detección de contaminación del subsuelo

Caracterización geológica y definición de los diferentes niveles del subsuelo.

González, Ferrer, Ortuño y Oteo (2002) nos indican que esta técnica consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente A y B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad en cada disposición. La resistividad aparente calculada será, por tanto, la correspondiente a mayores espesores según se van separando los electrodos. Se emplea generalmente la configuración Schlumberger. El resultado que se obtiene del SEV es la variación de la resistividad p con la profundidad en el punto central del perfil investigado. Un ejemplo de interpretación de un SEV se muestra en la figura 1. Las profundidades más habituales de investigación están entre 0 y 200 m.

Figura 1. Medida de resistividades del terreno mediante métodos eléctricos



Fuente: Gonzales y Vallejo,

4.5 Fenómenos de remoción en masa

Según (Hauser, 1993), los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material, definido como procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores.

Cruden (1996) define los movimientos de ladera como "movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia debajo de una ladera". Para Varnes (1978) es "un movimiento hacia abajo y hacia fuera de los materiales que forman una ladera bajo la influencia de la gravedad", acompañada a veces por otras fuerzas naturales como las sísmicas, volcánicas o la presión de gases y representando la materia sólida en porcentaje del peso más del 70%.

4.5.1 Clasificación de fenómenos en masa

Los diferentes procesos de movimientos en masa, implican tal cantidad de procesos y factores que ofrecen ilimitadas posibilidades de clasificación.

Pueden diferenciarse en función del tipo cinemático de movimiento, tipo de material movilizado, según su estado de actividad, velocidad del movimiento y etapa de desarrollo, entre otros.

Actualmente las clasificaciones más consistentes son las de Varnes, (1978), Hutchinson, (1988) y Cruden y Varnes, (1996).

Tabla 3. Clasificación de los tipos de movimientos

TIPO DE MOVIMIENTO		**TIPO DE MATERIAL**		
		LECHO ROCOSO	**SUELOS**	
			GRANO GRUESO	**GRANO FINO**
CAIDA		Caída de oca	Caídas de detritos	Caída de tierra
VOLCAMIENTO		Volcamiento de roca	Volcamiento de detritos	Volcamiento de tierra
DESLIZAMIENTOS	Rotacional	Deslizamiento de roca	Deslizamientos de detritos	Deslizamiento de tierra
	Traslacional			
PROPAGACION LATERAL		Propagación de roca	Propagación de detritos	Propagación de tierra
FLUJO		Flujo de roca (reptación profunda)	Flujo de detritos (reptación de suelo)	Flujo de tierra
COMPLEJO		Combinación de dos o más tipos principales de movimiento.		

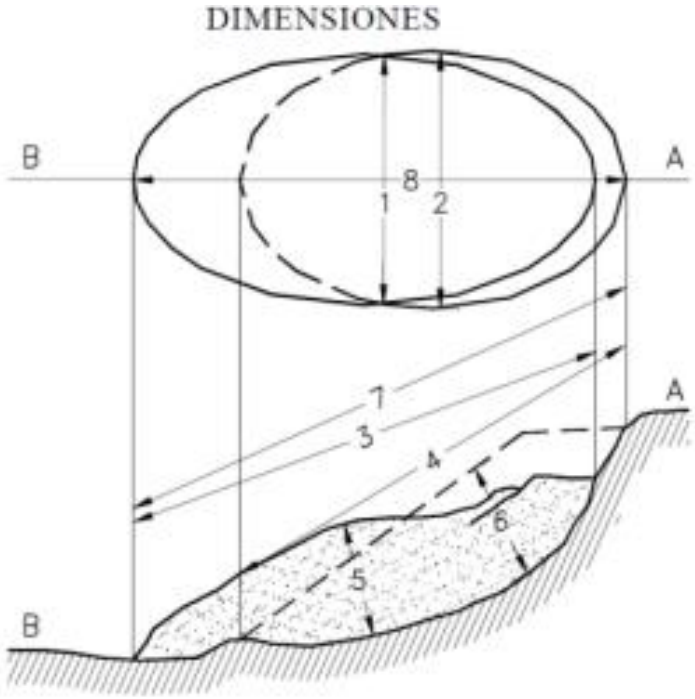
Fuente: (Cruden y Varnes, 1996)

4.5.1.1 Nomenclatura de un deslizamiento

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería

(IAEG, 1990). En este sentido el concepto de "zona de ruptura cobra especial importancia en el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos (Irigaray y Chacón, 1991).

Figura 2. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento



Fuente: Vallejo, 2002.

Ancho de la masa desplazada Wd.- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, Ld.

Ancho de la superficie de falla Wr.- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud Lr.

Longitud de la masa deslizada Ld.- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.

Longitud de la superficie de falla Lr.- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

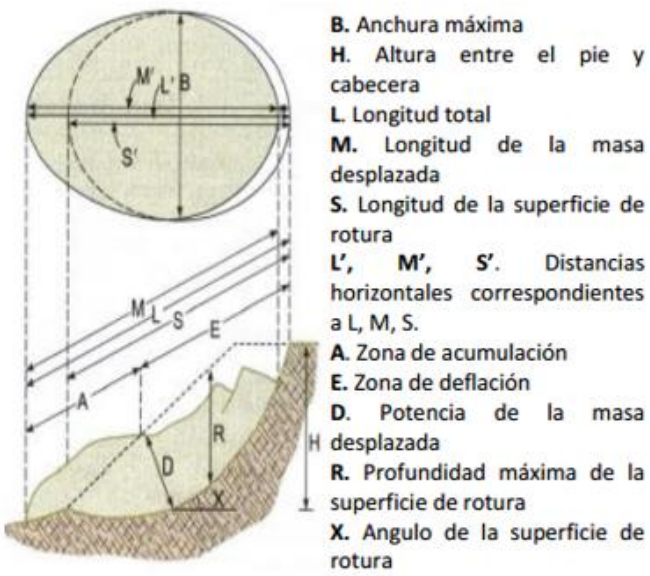
Profundidad de la masa desplazada Dd.- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por Wd y Ld.

Profundidad de la superficie de falla Dr.- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por Wr y Lr

Longitud total L.- Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.

Longitud de la línea central Lcl.- Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

Figura 3. Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos



Fuente: Vallejo, 2002.

Según Terzaghi (1950) los deslizamientos son producidos por dos causas fundamentales: las de tipo interno y las de tipo externo. Las causas externas son todas aquellas que producen un incremento en la tensión o esfuerzos, pero no en la resistencia de los materiales, en tanto que las causas internas son las que disminuyen la resistencia de los materiales, sin cambiar la tensión o esfuerzos (Alcántara, 2000).

Existe una gran variedad de causas internas y externas en torno a las cuales se originan los deslizamientos (Tabla 4), mismos que han sido categorizadas con base en procesos de distinta índole (Cruden y Varnes, 1996).

Tabla 4. Causas de deslizamientos

CAUSAS DE ÍNDOLE GEOLÓGICO	CAUSAS PROCESOS NATURALES
Materiales débiles	Precipitación extensa
Materiales sensibles	Derretimiento rápido de nieve o hielo
Materiales intemperizados	Eventos de precipitación extraordinarias
Materiales sujetos a cizallamiento	Actividad sísmica
Materiales con fisuras y diaclasas	Erupciones volcánicas
Discontinuidades sometidas adversamente (esquistosidad, planos de inclinación)	Gelifracción
Permeabilidad contrastante	Expansión e hidratación e las arcillas
Discontinuidades estructurales (fallas, discordancias, contactos)	
Contraste de materiales con diferente plasticidad	
CAUSAS MORFOLÓGICAS	**CAUSAS DE ORIGEN ANTRÓPICO**
Levantamiento tectónico volcánico	Excavación al pie de laderas
Erosión glacial	Incremento de peso en las laderas
Erosión fluvial al pie de laderas	Disección de cuerpos de agua
Erosión marina al pie de los acantilados	Deforestación
Erosión glacial al pie de las laderas	Irrigación
Roción en márgenes laterales	Actividad minera
Erosión subterránea	Vibraciones artificiales
Remoción de la vegetación (por erosión y sequias)	

Fuente: (Cruden y Varnes, 1996)

4.6 Susceptibilidad a deslizamientos

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de este, para que puedan ocurrir deslizamientos. (Suarez, 2001)

La "Susceptibilidad" está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico. (Soldano, 2008)

Existen diferentes clasificaciones del grado de susceptibilidad a deslizamientos, entre las más utilizadas está la de Sarkar y Karungo (2004) que categoriza la susceptibilidad de acuerdo a diferentes criterios los mismos que se describen en la tabla 5.

Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno.

Tabla 5. Clasificación de susceptibilidad a deslizamiento deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (Crozier, 1986)

SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO
VI Muy alta	Taludes con deslizamientos activos. Los movimientos pueden ser continuos o estacionarios
V Alta	Taludes sujetos con frecuencia, a actividades de deslizamiento. La activación de los deslizamientos resulta cuando ocurren eventos con intervalos de recurrencia menor a 5 años.
IV Medianamente alta	Taludes con actividad de deslizamientos poco frecuente. La activación de deslizamientos ocurre en los eventos con intervalos de recurrencia mayores a cinco años.
III Mediana	Taludes con antigua evidencia de actividad de deslizamientos, pero que no han presentado movimientos en los últimos cien años
II Baja	Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos, pero que se consideran probables que se desarrollen en el futuro. Sin embargo, los análisis de esfuerzos como la analogía con otros taludes o el análisis de los factores, muestran una posibilidad baja de que lleguen a presentarse deslizamientos
I Muy baja	Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos y que por análisis de esfuerzos, analogías con otros taludes, o por análisis de los factores de estabilidad, se considera muy improbable que se desarrollen deslizamientos en el futuro previsible.

Fuente: Suarez, 2012

4.6.1 Mapas de susceptibilidad

Ayala, 2002 dice la susceptibilidad a los movimientos en masa es la propensión de un terreno a la ocurrencia de caídas, derrumbes, flujos, deslizamientos y movimientos complejos. Los mapas de susceptibilidad, consisten en documentos de aproximación que previo análisis sirven para identificar zonas problemáticas y fundamentalmente los factores condicionantes. En la elaboración del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa se tienen en cuenta una serie de variables o factores que influyen en la ocurrencia de dichos fenómenos.

Un mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como la lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad es fundamental para los planificadores, dado que permite elaborar medidas de prevención y direccionar las políticas públicas para la regulación de las formas de usos y ocupación de la tierra (Ahmad and Mc Calpin, 1999) y prevenir el riesgo de los movimientos en masa (Bathrellos et al., 2009). De acuerdo a Parise (2001), este tipo de mapa permite definir los niveles de ocurrencia potencial de procesos de remoción en masa para un área determinada.

Los mapas de susceptibilidad exhiben un modelo conceptual común que consiste en:

Un mapeo de procesos de remoción en masa (inventario)

Un mapeo de los factores geo ambientales que influencian directa o indirectamente en la estabilidad de las pendientes (Factores de inestabilidad)

La selección de un tipo de ponderación de todos los factores de inestabilidad y de las clases para cada factor;

El establecimiento de una correlación entre los factores geo ambientales (litología, pendientes, aspecto, etc.) y los movimientos de laderas antiguos y recientes

La clasificación de las unidades del paisaje en diferentes grados de susceptibilidad con base en las relaciones identificadas.

Así la elaboración de éste tipo de mapa, tiene un punto de partida en el mapa inventario de movimientos en masa donde se analizan las condiciones de las áreas en las cuales ocurren tales movimientos. Después, se obtienen los mapas temáticos que contienen información sobre la geología, geomorfología, edafología, uso de la tierra, entre otros (Marcelino, 2004). Posteriormente, en un entorno SIG se realiza la superposición de éstos mapas, definiendo las zonas de susceptibilidad, donde son identificados los grados de

tendencia a la ocurrencia de los procesos de remoción en masa (Fernández et al., 2008; Parise, 2001; Clerici et al., 2002; Marcelino, 2004; Guzzetti et al., 2006).

4.6.2 Métodos de mapeo de áreas susceptibles

Existen diferentes formas de realizar el mapeo de las áreas susceptibles por procesos de remoción en masa. De hecho, la identificación de tales movimientos es considerada en sí misma un mapeo de áreas susceptibles -teniendo en cuenta que futuros movimientos de laderas tienen alta probabilidad de ocurrir donde ya ocurrieron en el pasado. Sin embargo, en los últimos años hubo grandes progresos en la investigación y documentación de otros métodos, tales como: los estadísticos, heurísticos y determinísticos (Westen 1993.), en virtud de la necesidad de información que pueda ser usada por los planificadores para minimizar los impactos socioeconómicos ocasionados por éstos fenómenos.

4.6.2.1 Método determinístico

El método determinístico, tiene como base a los modelos hidrológicos y de estabilidad que consideran la información detallada de las pendientes fundadas en la mecánica de suelos. Éste método busca eliminar la subjetividad cuantificando los grados de riesgo en valores absolutos, como por ejemplo a través del factor de seguridad (Safety Factor) (Barredo et al., 2001). Una gran ventaja de éste método es el alto grado de simplificación, principalmente para mapeos de escala media y regional, debido a la gran variabilidad de los parámetros geotécnicos. De ésta forma, el desempeño del método depende totalmente de la calidad y cantidad de los datos colectados (Westen et al. 2002), éste tipo de abordaje debe ser empleado cuando las condiciones del terreno son relativamente uniformes y la tipología de los procesos de remoción en masa es bien conocida y fácilmente analizable.

Gonzales, Ferrer, Ortuño y Oteo (2002, nos dicen que este método está basado en el cálculo de la estabilidad de las laderas de una zona expresando en factor de seguridad; este método es aplicable únicamente a gran escala (1:5.000 o mayor).

Estos modelos requieren información específica sobre la estratificación, estructura, propiedades de resistencia de los materiales.

Suarez (2009) menciona que la fórmula para calcular el factor de seguridad es la establecida por Brunsden y Prior en 1979 establece la siguiente:

$$FS = \frac{c' + (\gamma - m\gamma w)zcos^2\beta tan\emptyset'}{\gamma zsin\beta cos\beta}$$

Dónde:

FS= Factor de Seguridad

c'= Cohesión efectiva (Pa)

γ= Peso unitario del suelo (N/m^3)

z= Profundidad de la superficie de falla (m)

zw= Altura del nivel freático por encima de la superficie de falla (m)

β= Pendiente del terreno (°)

$\emptyset'$= Ángulo de fricción efectivo (°)

m= zw/z (adimensional)

γw= Peso unitario del agua (N/m^3).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Tabla 6. Materiales de campo y oficina

MATERIALES DE CAMPO	MATERIALES DE OFICINA
Carta topografía	Computadora
Carta geológica	Software ArcGis 10.1
Brújula	Software ILWIS 8.3.5
GPS	Software AutoCAD 2010
Estación total S6, S3	Internet
Libreta de campo	Flash memory
Cámara fotográfica	Documentos bibliográficos
Martillo geológico	
Lupa	
Cinta métrica	

Fuente: La Autora, 2016

5.2 Metodología

El presente proyecto tiene como finalidad determinar la susceptibilidad a deslizamientos de la vía Villonaco, para lo que se plantean cuatro objetivos que se exponen a continuación:

5.2.1 Metodología para el primer objetivo

Realizar el levantamiento topográfico a escala 1: 4000 de 300 m de los márgenes del eje de la vía.

Para el cumplimiento de este objetivo se procede a levantar a detalle el área de estudio; utilizando el equipo topográfico; Estación Total Trimble S6 y el Equipo Satelital GPS Trimble (RTK), las mismas que almacenan los puntos tomados en el según Datum WGS84, el levantamiento se realiza a 300 metros a cada margen del eje de la vía, para ello se definen estaciones en lugares estratégicos que faciliten la visualización de las infraestructura tanto lineal como vertical, relieves, quebradas, entre otras.

Como punto de partida se toma una estación general que permita una mayor visualización del sector, este punto está en las coordenadas UTM / WGS84: 693718/ 9558033 /2528, como se puede observar en la fotografía 1 este punto se encuentra al margen izquierdo de la vía en una zona llana frente a la Sub estación Villonaco a aproximadamente 2 kilómetros de la intersección de la avenida Villonaco y la avenida Virgilio Rodas.

Fotografía 1. Levantamiento topográfico área de estudio. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Una vez realizado el levantamiento se procede a descargar los datos en el computador usando el software del equipo topográfico, el que convierte los datos a formato delimitado por comas compatible con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres dimensiones (X, Y, Z)

Finalmente con los datos de Excel se procede a cargar los puntos para genera las curvas de nivel en el software CivilCad y AutoCAD 2010, las isolíneas generadas están a cada cinco metros las principales y cada metro las secundarias.

Para conocer las pendientes del terreno se realizan 2 perfiles topográficos; 1 longitudinal y 1 transversal.

Como resultado se obtiene el Mapa topográfico (Anexo 4), a escala 1:4000, DATUM WGS84 Zona 17 Sur.

Mapa de pendientes. Escalas 1:4000

Para la elaboración del mapa de pendientes, se toma el levantamiento topográfico del sector de estudio.

Mediante el programa ArcGis 10.1 realizamos un TIN, lo convertimos a Raster seguidamente hacemos una Pendiente, con la herramienta Spatial Analyst lo reclasificamos, para esto se clasifica mediante el criterio establecido por (Demek, J, 1972). Dividido en seis categorías.

Tabla 7. Clasificación del ángulo de pendiente

TERMINO DE PENDIENTE	CATEGORÍA
Plano	0 – 2
Ligeramente inclinado	> 2– 5
Fuertemente inclinado	> 5 – 15
Muy inclinado	> 15 – 35
Empinado	> 35 – 55
Vertical	> 55

Fuente: Demek, 1972

Por observaciones en el campo y para la presente investigación se modificó la clasificación propuesta por Demek 1972, en la que trabajo con cinco clases de pendientes unificando las 2 primeras clases propuestas.

Tabla 8. Clasificación modificada en bases a Demek, 1972.

TERMINO DE PENDIENTE	CATEGORÍA
Ligeramente inclinado	0– 5
Fuertemente inclinado	> 5 – 15
Muy inclinado	> 15 – 35
Empinado	> 35 – 55
Vertical	> 55

Fuente: Elaborado por la autora a partir de Demek, 1972

Esta calificación modificada se realizó en base a las características del terreno presente en el sector de estudio, debido a que a la categoría uno y dos tienen grados de pendiente muy corta, por lo que se las unifico en una sola clase. La categoría fuertemente inclinado se aplica para grados de 5 a 15, la pendiente muy inclinada aplicada para ángulos de 15 a 35 grados, las pendientes empinadas posen grados que van desde los 35 a 55, lo que

refiere a terrenos con zona de montaña mientras que las pendientes verticales están en grados de inclinación mayores a 55 grados.

Para concluir con el mapa: el modelo Raster reclasificado lo convertimos a polígono para establecer los colores de acuerdo a la categoría presente.

Como resultado se obtiene el mapa de Pendientes (Anexo 5) a escala 1:4000 DATUM WGS84 Zona 17 Sur.

5.2.2 Metodología para el segundo objetivo

Realizar el levantamiento geológico a escala 1: 4000 del área de influencia, identificando los principales rasgos litológicos, características geomorfológicas y estructurales.

Como base para la geología regional se toma en cuenta el mapa geológico preliminar de la hoya de Loja realizado por la Universidad Técnica Particular de Loja escala 1: 25000 coordenadas UTM, DATUM PSAD56 Zona 17 Sur.

Con el levantamiento topográfico se procede a realizar el levantamiento geológico a detalle del sector mediante la observación directa describiendo el tipo de roca, descripción de afloramientos mediante fichas de campo, (Anexo 1). De acuerdo con la geología encontrada se describen 9 afloramientos ubicados en las siguientes coordenadas:

Tabla 9. Ubicación de puntos de afloramientos

PUNTOS	X	Y	Z
1	694012	9557720	2406
2	694021	9558030	2412
3	693788	9558022	2508
4	693707	9557981	2540
5	693670	9558072	2531
6	693817	9558509	2473
7	694795	9558691	2356
8	694819	9558740	2352
9	694669	9558577	2350

Fuente: La Autora, 2016

Conjuntamente se realiza el levantamiento estructural del sector con la medición de rumbos y buzamientos que se realiza con una brújula, flexómetro y cinta métrica para medir los afloramientos.

En la fotografía 2, se observa a la autora realizando el levantamiento geológico estructural determinando el buzamiento de una estructura de esquistos de la Formación Chiguinda.

Fotografía 2. Levantamiento geológico del área de estudio. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Teniendo como base la descripción de afloramientos y la observación directa de las rocas mediante el programa ArcMap 10.1 se obtiene el mapa geológico (Anexo 6) con su respectivo corte a escala 1:4000 coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 Sur.

En esta misma etapa se realizó la caracterización de deslizamientos, mediante fichas (Anexo 3) con sus respectivas coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 Sur, medidas morfométricas, tipo de falla, dirección del deslizamiento, vegetación, entre otras características que se describen en las fichas técnicas.

Mapa geomorfológico. Escala 1:4000

Para realizar el mapa geomorfológico del sector se sigue la presente metodología:

Previamente se revisó la conceptualización respectiva de CLIRSEN de cada una de las geoformas que pueden ser encontradas en el sector de estudio, mediante observación

directa así como fichas geomorfológicas (Anexo 2) del sector, se obtiene información de campo, la ubicación de los puntos geomorfológicos se muestra en la Tabla 9.

Los puntos geomorfológicos se van tomando conjuntamente con los afloramientos, teniendo en cuenta aspectos principales como: unidad geomorfológica, morfología, morfometría así también otros aspectos como situación hídrica, posibilidades agrícolas. Etc.

Además se utilizó información adicional como: fotografías aéreas, modelos digitales del terreno, topografía, geología que fueron la base del estudio.

Para el trabajo de oficina se procede mediante el programa ArcGis 10.1 con las curvas de nivel obtenidas en el mapa topográfico del sector, se procede a la elaboración de un modelo Raster así como un mapa de sombreas, en el programa ArcView 3,3 se genera tres modelos de índice de posición topográfica (TPI) con radios de 25, 50 y 100m. Cada una nos muestra líneas de quiebre y curvaturas del terreno para delinear las geoformas.

Con toda la información se procede a dibujar las geoformas, para poder dar nombres y la descripción a cada geoforma se dispuso de la siguiente información:

a) Forma de vertiente:

Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Esta define el tipo de la forma de relieve que corresponde a una unidad geomorfológica, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y sub paisaje, se determina las unidades morfológicas con su respectivo código de identificación.

Tabla 10. Categorías de forma de vertientes

FORMA DE VERTIENTE (V)	
Cód.	**Tipo**
1	Rectilínea
2	Convexa
3	Cóncava
4	Irregular
5	Mixta

Fuente: CLIRSEN, 2012

De acuerdo a nuestro estudio, se toma en cuenta la forma de vertiente: rectilínea, convexa, cóncava, irregular o mixta tomando en consideración la descripción visual, de acuerdo a las formas geomorfológicas del sector, es decir que si esta se presenta rectilínea tiene una forma casi plana, así mismo la convexa presenta una forma casi regular, mientras las cóncavas pueden ser hundimientos, la irregular como su nombre lo explica la geoforma presenta una representación irregular , y la mixta es una combinación de cualquiera de las formas de vertiente.

b) Morfometría:

Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT). Entre las variables que se utilizó para el desarrollo del mapa geomorfológico del sector, encontramos las siguientes:

Pendiente

Grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; Las pendientes expresadas en porcentaje van desde planas hasta escarpadas, tomando en consideración el ángulo de inclinación las categorías de pendiente utilizadas para determinar la geomorfología son las siguientes:

Tabla 11. Categorías de pendiente.

PENDIENTE		
Cód.	**Pendiente**	**Porcentaje**
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> 100

Fuente: CLIRSEN, 2012

Las pendientes planas y muy suaves se consideran planas en grados de inclinación hasta 5 grados, las pendientes suaves, medias, y medias a fuerte, con grados de inclinación desde 15 a 45 y las pendientes, fuertes muy fuertes y escarpadas con grados de inclinación mayores de 45 grados estas son consideradas como zonas de montaña muy inclinadas.

Desnivel relativo

Corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En los criterios estructurales se toma como referencia la pendiente; esta se mide en metros y los rangos que se asumen para las geoformas del sector de estudio son:

Tabla 12. Categorías de desnivel relativo

DESNIVEL RELATIVO (DR)	
Cód.	Tipo
1	0 a 5m
2	5 a 15m
3	15 a 25m
4	25 a 50m
5	50 a 100m
6	100 a 200m
7	200 a 300m
8	> a 300m
Fuente: CLIRSEN, 2012	

Longitud de la vertiente

Distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros para este caso se toma 5 categorías de longitud de vertiente que va desde muy corta de menores a 15m y muy larga mayores a 500m, estas categorías se miden forma visual además de la información del mapa topográfico.

Tabla 13. Categorías de longitud de la vertiente

LONGITUD DE LA VERTIENTE (LV)		
Cód.	**Tipo**	**Descripción**
1	Muy corta	< a 15m
2	Corta	15 a 50m
3	Moderadamente larga	50 a 250m
4	Larga	250 a 500m
5	Muy larga	> a 500m
Fuente: CLIRSEN, 2012		

Fondo de valle

Formas que tiene la corteza terrestre o litosfera; determina principalmente el tipo de erosión producida en el sector estas pueden ser:

Tabla 14. Categorías de fondo de valle

FONDO DE VALLE (FV)	
Cód.	**Tipo**
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca
Fuente: CLIRSEN, 2012	

Estas categorías se describen de forma visual de acuerdo a la forma del valle en U que tienen origen glaciar, exhiben un fondo cóncavo y paredes abruptas, un valle en V estas se encuentran modeladas por la erosión y un fondo de valle plano o valle aluvial que tiene fondo amplio y plano.

Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima son factores que influyen en la formación de los suelos y en las características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas será representada finalmente desde su genética, entre las categorías de forma de relieve según su origen tenemos:

Tabla 15. Formas de relieve según su origen

FORMAS DE RELIEVE	
Denominación	**Descripción**
Deposicional	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
Denudativo	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
Formas Estructurales	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Formas Estructurales y Fluvio Erosional	Se caracteriza porque incluyen geoformas montañosas y colinadas cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos de denudación. Las Formas Estructurales concretamente se hacen referencia a las geoformas de plegamiento en rocas sedimentarias consolidadas y en metamórficas de origen sedimentario.
Formas de origen Fluvial	Estas formas son ocasionadas por transporte del agua, siendo estas un medio de acarreo. El proceso de sedimentación aluvial o fluvial, tiene como fuerza o agente el agua de escorrentía, corrientes fluviales, cuyo trabajo incluye tres actividades: erosión, transporte, sedimentación.

Fuente: CLIRSEN, 2012

Uso Actual de suelo Escala 1:4000

Para la obtención del mapa de uso de suelo partimos de la información levantada en mediante fichas de campo (Anexo 2) conjuntamente con la información geomorfológica.

Ya en oficina se procede a la interpretación de las misma y tomando como base la fotografía área de la provincia de Loja tomada de la base de datos del IGM y SIG Tierras del Municipio de Loja a escala 1: 5000 año 2012, en el programa ArcGis 10.1, procedemos a digitalizar el área de estudio, una vez terminada la zonificación procedimos a dar los colores y tramados a cada polígono dependiendo tipo o características de suelo que este represente.

Estas denominaciones de sector estudio son tomadas en base a observación directa así como las denominaciones propuestas por la SEMPLADES en sus fichas de campo.

Tabla 16. Denominaciones para el uso actual de suelo

CÓDIGO	USO ACTUAL DE SUELO
1	Camino
2	Cultivos
3	Deslizamiento
4	Infraestructura
5	Pasto natural
6	Pasto cultivado
7	Suelos erosionados
8	Vegetación arbórea
9	Vía

Fuente: La Autora, 2016

Finalmente se obtiene el mapa de uso actual de suelo a escala 1: 4000 coordenadas UTM DATUM WGS84 Zona 17 Sur

5.2.3 Metodología para el tercer objetivo

Determinar las características geotécnicas del área de estudio a través de sondeos eléctricos verticales y SPT.

- **Sondeo eléctrico vertical**

Mediante el reconocimiento y la observación directa, se delimita y planifica las actividades a realizar.

Con base a la información levantada anteriormente en la zona de estudio se realizaron 3 sondeos eléctricos verticales distribuidos en sectores estratégicos:

Tabla 17. Coordenadas geográficas de cada línea SEV

SEV	X	Y	Z
Línea 1	694755	9558587	2350
Línea 2	694372	9558737	2376
Línea 3	693607	9557970	2559

Fuente: La Autora, 2016

Cada línea tiene una abertura de: 40m de AB/2 para el primer SEV, de 40m de AB/2 para el segundo SEV y de 60m de AB/2 para el tercer SEV, la longitud depende de la

profundidad que se desea investigar, y dependiendo de su topografía y las facilidades de operación.

En el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) se realiza las mediciones de la resistividad aparente del suelo, por el arreglo Schlumberger, este método consiste en suministrar corriente continua en el terreno a través de 2 electrodos y registrar los valores, el equipo utilizado es ABEM, SAS 4000. (Fotografía 3)

La profundidad de penetración de la corriente eléctrica dependerá de la separación de los electrodos inyectores AB, los que están conectados por cables al generador de corriente alterna.

Si la distancia entre los electrodos AB aumenta, la corriente circula a mayor profundidad pero su densidad disminuye. Los electrodos en la forma como se los ubique se denominan arreglos o configuración.

Fotografía 3. Equipo ABEM, SAS 4000. (Sondeo eléctrico vertical (SEV). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

El resultado principal para esta exploración es la confirmación de la existencia de niveles freáticos o/y discontinuidades que puedan causar las anomalías superficiales detectadas sobre el terreno objeto de análisis.

Una vez que se obtengan los resultados por el laboratorio (ESTSUELCON CIA. LTDA.) Serán procesados en gabinete para poder determinar los resultados.

Los mismos que permitieron realizar cortes geoeléctricos e interpretar la estructura del subsuelo y contenido de agua en los estratos de acuerdo a su resistividad.

- **Ensayo de penetración estándar**

Se realizaron 2 ensayos de penetración estándar el Sondeo 1 con una profundidad de 5m y el segundo con 3m de profundidad ubicados de acuerdo a las formaciones existentes en el área de estudio:

Tabla 18. Ubicación de Ensayos de Penetración Estándar (SPT).

SONDEOS	COORDENADAS		
	X	Y	Z
1	694708	9558607	2351
2	694130	9558458	2393

Fuente: La Autora, 2016

El ensayo de penetración estándar es para conocer la capacidad portante del suelo, que constituye el ensayo más utilizado en la realización de sondeos, consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kg y 76 centímetros respectivamente.

Las muestras son tomadas cada metro desde la superficie.

Fotografía 4. Equipo de Ensayo de Penetración Estándar. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

El ensayo de SPT se procede a realizar de acuerdo a la siguiente metodología.

- Al tubo de penetración se debe enroscar el tubo muestreador de paredes divisibles
- Se debe marcar en el tubo 3 divisiones, cada una de (15 cm.)
- Con la pesa de (63.5 Kg.) por caída libre, se procede al hincado del tubo muestreador.
- Se anota el No. de golpes por cada (15 cm.) de penetración.
- El número de golpes de las primeras (15 cm.) de penetración sirven de asiento no se las toma en cuenta.
- Las lecturas de la 2da. y 3ra, penetración se suman y son éstos valores los que se toman en cuenta para determinar la capacidad soporte del subsuelo
- Se saca el tubo de penetración y se abre el tubo de paredes divisibles
- Se realiza una descripción visual (C.C.D.E.T.O.)
- Se embolsa la muestra y registra, para su envío al laboratorio

En Laboratorio se realizarán los siguientes ensayos:

a) % de Humedad Natural.
b) Granulometría.
c) Límites de Consistencia.

d) Clasificación del suelo por Sistema Unificado.
e) Determinar la Capacidad Soporte del Suelo.

5.2.4 Metodología para el cuarto objetivo

Realizar un mapa de zonas susceptibles a deslizamientos de la zona de estudio, a través del método determinístico.

Método determinístico

Para la obtención del mapa de zonas susceptibles a deslizamientos mediante el método determinístico procedemos a utilizar la herramienta SINMAP

Para la elaboración del mapa se genera un Modelo Digital del Terreno (DTM) que es un conjunto de capas (Ráster), generadas a partir de las curvas de nivel, que representan distintas características de la superficie terrestre, derivadas de una capa de elevaciones.

En el que tomamos en cuenta las características geotécnicas del sector como:

Tabla 19. Parámetros de calibración para el mapa de susceptibilidad

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN
MDE
Espesor del suelo (m)
Gravedad (m/s^2)
Densidad del agua (kg/m3)
Densidad del material (kg/m3)
T/R Min (m)
T/R Max (m)
Cohesión Min (sin unidades)
Cohesión Max (sin unidades)
Phi Min (°)
Phi Max (°)

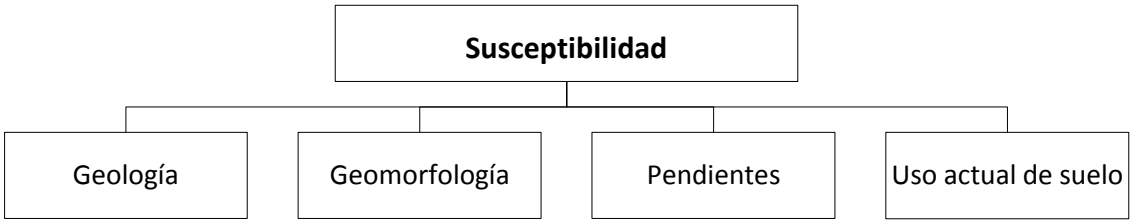
Fuente: La Autora, 2016

Se aplicó un modelo de pendiente infinita e índice de Humedad Topográfica, que es un modelo unidimensional que describe la estabilidad de los taludes con un plano de falla infinitamente grande, el mismo que se realizó sobre la base de un pixel que pueden considerarse cómo unidades homogéneas en los mapas. Por tanto los pixeles vecinos no se consideran dando como resultado un mapa de factores de seguridad.

Método Heurístico

Con la información obtenida procedemos a realizar el mapa de Susceptibilidad por el método Heurístico, que se basa en la asignación de pesos o valores numéricos, correspondiente a las variables biofísicas favorables para que se produzcan los deslizamientos dentro del área de estudio.

Figura 4. Esquema de variable para realizar el Mapa de Susceptibilidad



Fuente: La Autora, 2016

Una vez que tenemos agrupados los mapas base procedemos a darles un peso a las diferentes variables utilizando la suma de rangos y valor esperado, que se utiliza para el método estadístico, ya que mediante esta suma de rangos damos un peso de acuerdo a la importancia que tenga la variable.

Estos pesos relativos van en rangos del 1 al 5; donde el valor 1 se refiere a las condiciones menos favorables para que se produzcan los deslizamientos, mientras que el valor 5 se refiere a las condiciones biofísicas más favorables a que se produzca un deslizamiento, lo que hace que aumente la susceptibilidad a este fenómeno.

Tabla 20. Condición de asignación de pesos a las variables.

CLASE	PESO
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy peligros a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente peligrosos a deslizamientos	5

Fuente: Tambo Walter. 2011 "Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador"

Seguidamente se utiliza el método de suma de rangos (Janssen y Van Herwijnen, 1994) aplicando la herramienta de ArToolbox, Suma ponderada, que combina los Raster, mismos que se les asigna un peso por sus condiciones a producir deslizamientos.

Los pesos que se asignan son los propuestos por (Janssen y Van Herwijnen, 1994), (Tabla 21) dependiendo del número de mapas, para el análisis de susceptibilidad, la suma de cada peso debe ser igual a uno.

Tabla 21. Pesos de criterios usados en el Método de Suma de Rango.

NÚMERO DE CRITERIO	PESOS DE CRITERIO USANDO EL MÉTODO DE SUMA DE RANGO					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0,66	0,33				
3	0,50	0,33	0,17			
4	0,40	0,30	0,20	0,10		
5	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07	
6	0,29	0,24	0,19	0,14	0,10	0,05

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994)

Con los valores de la tabla 21 se dio pesos a cada uno de los mapas expuestos figura 4 para la obtención del mapa de susceptibilidad.

Una vez realizada la combinación de mapas, se lo reclasifica en cinco categorías de acuerdo a los criterios propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004.

Tabla 22. Criterios para jerarquizar la susceptibilidad

CRITERIO	SUSCEPTIBILIDAD	CATEGORÍA
Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran	Muy alta	5
Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran	Alta	4
Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.	Moderada	3
Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	Baja	2
Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos	Muy baja	1

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004

6. RESULTADOS

6.1 Datos generales

6.1.1 Ubicación geográfica.

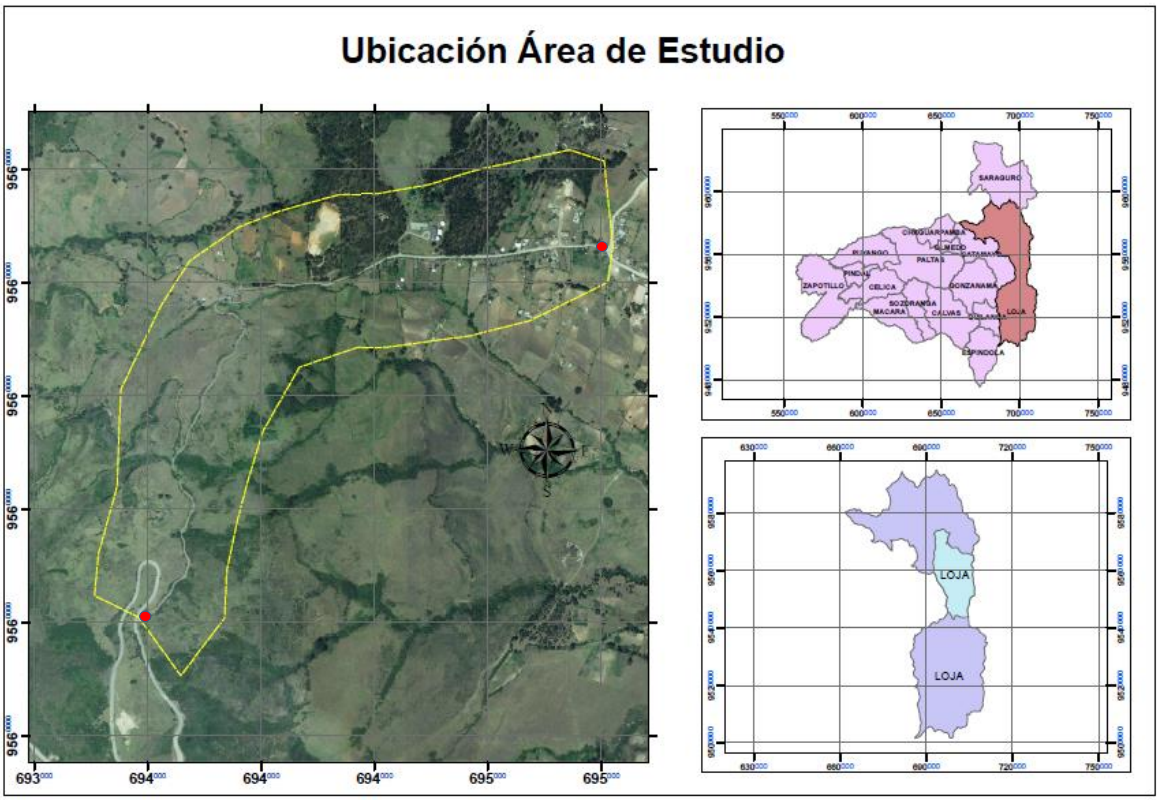
El área de estudio se encuentra ubicada al sur del Ecuador, en el cantón y provincia de Loja, al Occidente de la ciudad, Parroquia Sucre, específicamente en el Barrio "Los Eucaliptos" intersección de la avenida Villonaco y Virgilio Rodas, en las coordenadas UTM / WGS84:

Tabla 23. Coordenadas de ubicación del sector de estudio

PUNTO	X	Y	Z
1	694825	9558690	2353
2	693574	9557702	2568

Fuente: La Autora, 2016

Figura 5. Mapa Ubicación área de estudio



Fuente: La Autora, 2016

En la figura 5 se puede observar la ubicación del área de estudio su ubicación, a nivel cantonal, parroquial en la provincia y cantón Loja, además se puede observar la Av. Villonaco en la intersectando a la Av. Virgilio Rodas y la vía antigua a Catamayo.

6.1.2 Acceso.

El acceso hacia el cantón y ciudad de Loja, se lo realiza por vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez), después se debe continuar por vía terrestre a través de la arteria vial Catamayo – Loja (aprox. 31 km). Desde la ciudad de Quito por vía terrestre se lo puede realizar por la ruta de primer orden por la vía Panamericana hasta la ciudad de Loja, aproximadamente 668 Km.

Para llegar a la zona de estudio desde la ciudad de Loja, se lo puede hacer desde la terminal terrestre de la ciudad por la vía a Catamayo en sentido Oeste, kilómetro 3.7 desde la terminal hasta la Urna de la Virgen, a unos 10 minutos, que conecta con la avenida Virgilio Rodas hasta su intersección con la Av. Villonaco.

6.1.3 Clima.

El sector se encuentra dentro de la Hoya de Loja, el clima que predomina es templado, con una precipitación de 900 mm/año y una temperatura media de 16ºC. En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7ºC, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28ºC. La época menos lluviosa va de Mayo a Noviembre (Geo Loja, 2007)

6.1.4 Datos socio económicos

La Población Económicamente Activa del cantón Loja, según el VII Censo de Población y VI de Vivienda (INEC, 2010), es de 91.978 habitantes, de los cuales el 58.63% son hombres y el 41.37% restante son mujeres; por otra parte 80.779 habitantes constituyen la población económicamente inactiva. De acuerdo al III Censo Económico (INEC, 2010), las 3 ramas de actividad económica más importante en el país son: agricultura, ganadería, caza, silvicultura, comercio al por mayor y menor, y las industrias manufactureras, con 21.8%, 18.5% y 10.2%, respectivamente.

6.2 Análisis de susceptibilidad

6.2.1 Topografía

El área de estudio se caracteriza por estar localizada en una zona de montaña, su topografía es regular, presenta relieves que varían desde 2603 msnm hasta 2349 m.s.n.m. (Mapa 1, Anexo 4)

El área levantada cubre un polígono de 97,20 hectáreas, se puede evidenciar que en las cotas más bajas se encuentran las zonas de población mientras en las más altas las zonas de montaña, tomando en cuenta además la infraestructura tanto lineal como vertical como: casas, vías, canchas etc.

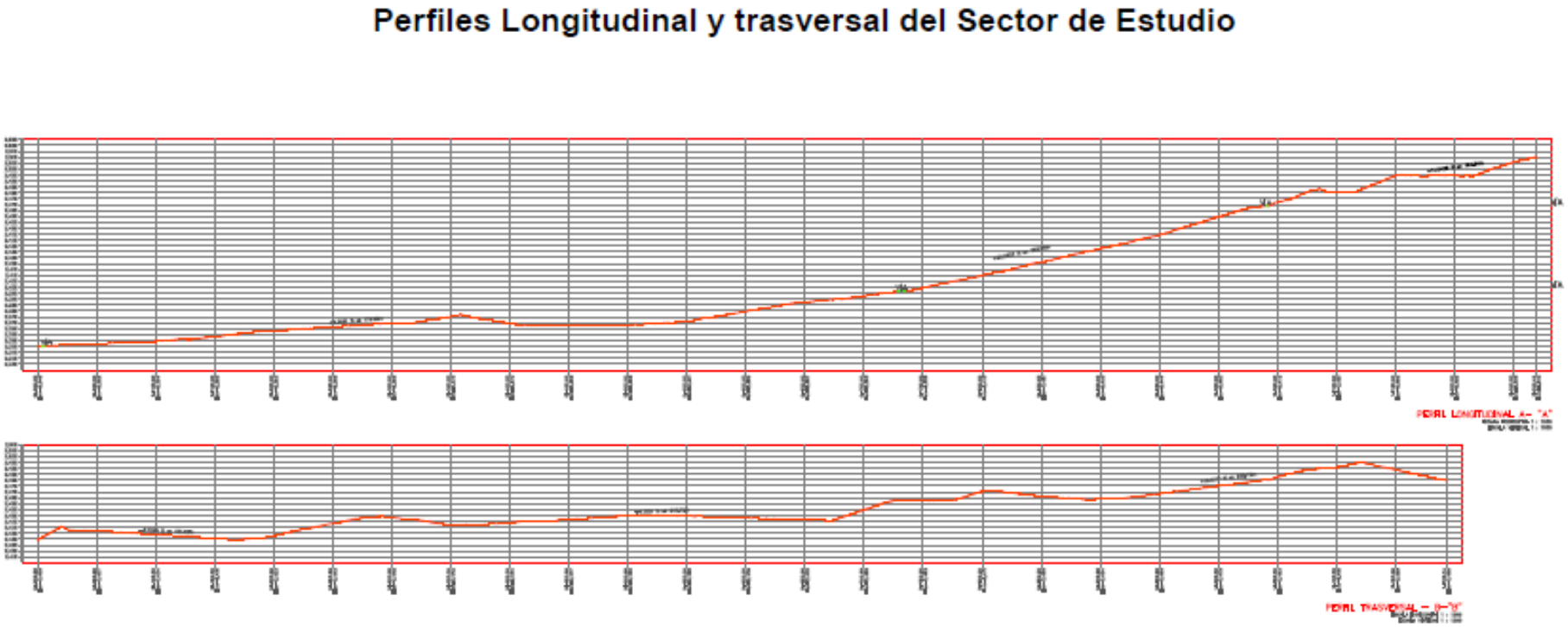
En la zona de estudió además se encuentran 4 deslizamientos ubicados a lo largo de la vía, el movimiento principal como se evidencia (Mapa 1 Anexo 4), tiene afectaciones tonto a la infraestructura de la vía como a viviendas, mientras los otros 3 solo tiene afectación a la vía.

De acuerdo con los datos obtenidos el mapa topográfico a escala 1:4000 referenciado en el sistema WGS – 84, Zona 17 Sur, con curvas de nivel primarias cada 5m y las secundarias a 1m.

De acuerdo a la topografía se realizó 2 perfiles topográficos (longitudinal y transversal), el corte (A-A"), localizado de Norte a Sur, y el perfil topográfico (B-B") que va desde este a oeste.

El perfil longitudinal (A-A"), abarca zonas de mayores pendientes, mientras que el perfil transversal (B-B") tiene pendientes más bajas. Como se puede evidenciar en la figura 6.

Figura 6. Perfiles (longitudinal y transversal), área de estudio



Fuente: La Autora, 2016

6.2.1.1 Pendientes

La pendiente constituye un factor que condiciona el terreno para que se produzcan Movimientos en Masa, para el presente estudio se ha tomado la clasificación propuesta por Demek (1972).

El mapa de pendientes (Anexo 5) del sector de estudio se obtuvo mediante un DEM realizado de la base topográfica a escala 1:4000

Tabla 24. Pendientes modificadas de acuerdo a Demek (1972)

CATEGORÍAS	RANGO	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Ligeramente inclinada	0– 5	9,27	9,56
Fuertemente inclinada	5 – 15	44,00	45,41
Escarpe	15 - 35	41,65	42,99
Precipicio	35 – 49.1	1,95	2,04

Fuente: La Autora, 2016

En la tabla 24 se observa las categorías de pendientes con sus diferentes rangos, área y porcentaje en el que se encuentra, de acuerdo a las pendientes encontradas en el sector de estudio podemos reconocer la pendiente ligeramente inclinada con un área de 9,27 ha que se encuentran dispersas en toda el área de estudio, así también las pendientes fuertemente inclinadas con mayor área de 44 ha, en estas dos primeras es en donde se encuentran emplazadas la mayor cantidad de viviendas, el escarpe se encuentra en la parte occidental en su mayoría con un área de 42,99 ha, y el precipicio podemos encontrarlo en menor cantidad en la parte sur – occidental con un área de 2,04 ha, estas pendientes son área de montaña.

La pendiente vertical no ha sido tomada en cuenta por no existir en el área de estudio.

6.2.2 Geología

6.2.2.1 Geología Regional.

El área de estudio se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera Real, que comprende un cinturón metamórfico de edad que varía entre el Paleozoico y el Jurásico; formada por divisiones lito- tectónicas separadas por fallas o suturas regionales con rumbo NNE. Estas divisiones comprenden unidades que muestran un grado de coherencia

lito-tectónica y son de Este a Oeste: Zamora, Salado, Loja, Alao y Guamote (Litherland et al, 1994).

- **Basamento metamórfico**

Unidad Chiguinda

El metamorfismo de la parte Sur de la Cordillera Central o Real de Los Andes, es denominado Serie Zamora, la edad determinada es el Paleozoico. Este tipo de roca forman el basamento de las cuencas de Loja y Malacatos - Vilcabamba, esta serie metamórfica se compone de filitas esquistos grafíticos, cuarcitas y meta limonitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniano; y el grado de rocas metamórficas esquistos biotíticos, moscovíticos, gneis a la Unidad Agoyan de edad Paleozoica.

- **Serie sedimentaria**

Formación Trigal

El nombre de Trigal es introducido por Alvarado en 1967. El tipo yace en la localidad de la Cuenca de Loja en el río Trigal a lo largo de carretera Loja-Catamayo. La formación se encuentra presente en un área relativamente pequeña a lo largo de la margen Nor-Occidental de la cuenca.

La litología se compone de areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limonita, los conglomerados son compuestos por pequeños clastos de origen volcánico. La arenisca se presenta con una estratificación horizontal. La potencia de la formación varía desde los 50 m. en el Oeste a los 150 m. hacia el Este en el contacto con la Formación La Banda.

La Formación Trigal se encuentra descansando discordante en las rocas metamórficas paleozoicas Unidades Chiguinda y Agoyan, y sobrepuesta a la Formación La Banda, ambos concordante y discordante. El contacto entre la Formación Trigal y la parte occidental de la Formación San Cayetano en la parte Oriental de la cuenca es formado por la falla de cobijadura.

Formación La Banda

En el sector Nor-occidental de la cuenca de Loja afloran intervalos de caliza, los cuales yacen a lo largo de la carretera Loja – Cuenca cerca de la quebrada La Banda esta formación se encuentra presente solo al Nor-oeste de la cuenca, donde forma un intervalo muy persistente. Los intervalos de caliza son:

- Calizas masivas con contenido de moluscos.
- Secuencia rítmica de escasas láminas finas de lutitas carbonatadas y calizas.
- Areniscas amarillas de granulado fino.

Los intervalos tienen un espesor de 10 a 20 m., y de forma continua horizontal

La Formación La Banda se encuentra sobre yaciendo a la Formación Trigal, localmente con un contacto insignificante y sobrepuesto a la Formación Belén. La presencia de moluscos y foraminíferos indica una depositación marina poco profunda en un ambiente estuariano. La edad determinada es del Mioceno Medio Tardío.

Formación Belén

Esta formación yace cerca del sector denominado Belén, se encuentra descansando concordantemente sobre la formación La Banda. El límite lo constituye un cambio gradual desde una caliza predominante a arenisca. El contacto entre las Formaciones Belén y San Cayetano está conformado por una falla de cobijadura limitado hacia el Oeste. La Formación Quillollaco descansa en una discordancia angular en la Formación Belén.

La Formación Belén se encuentra constituida por gruesas capas de areniscas de coloración marrón y grano granulado que contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificado y depósitos de desfase. La edad asumida es del Mioceno Inferior la potencia estimada es de 300 m. Esta formación descansa concordante con la formación La Banda.

Formación Quillollaco

El nombre Formación Quillollaco es usado solo para sedimentos de la cuenca de Loja, con disposición para evitar confusión. El nombre geográfico del tipo localizado es deletreado Quilluyacu, pero Quillollaco es registrado por Kennerly (1973). Se encuentra

aflorando en el sector de la Quebrada Quillollaco ubicada en la Hoya de Loja, la formación está presente en toda la cuenca, excepto en el borde Nor-occidental.

La formación Quillollaco está formada básicamente por conglomerados muy granulados con muy pocas intercalaciones de arenisca. El conglomerado son detritos sostenidos. Los que se encuentran compuestos.

Formación San Cayetano

Está expuesta al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas, contienen capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas que contiene lutitas laminado de color gris y blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica micro flora y gastrópodos (en parte silicificado con dos intercalaciones distintas de 3-5 m espesor capas de brecha). El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío a último

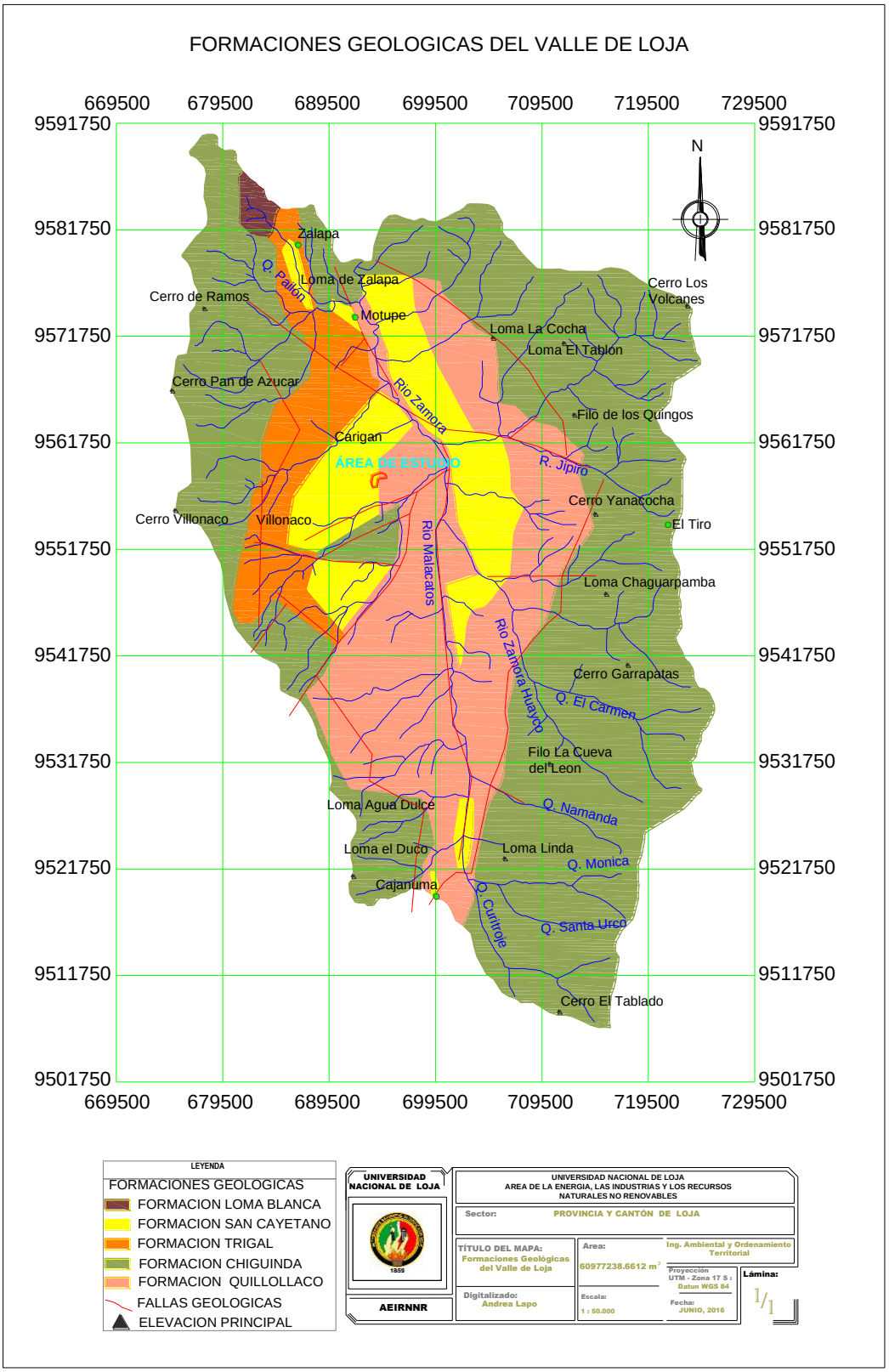
Formación Loma Blanca

(Kennerly, 1973 – 1980), tiene una potencia de 2000 m, está constituida por una secuencia de rocas volcánicas, tobas aglomeraticas, ingnimbritas, pómez, brechas volcánicas, flujos; además la presencia de diques y sills.

Esta formación es considerada como la más antigua de la cuenca Malacatos después de la unidad Chiguinda. Esta formación se asienta discordantemente sobre el basamento metamórfico Paleozoico de la Unidad Chiguinda.

Esta formación fue confundida con la joven formación Saraguro, ya que presentan similares litologías, pero se distinguen debido a que fueron depositadas en diferentes épocas y son de distintas regiones geográficas. (Hungerbuhler, 2002).

Figura 7. Mapa Geología Regional Loja



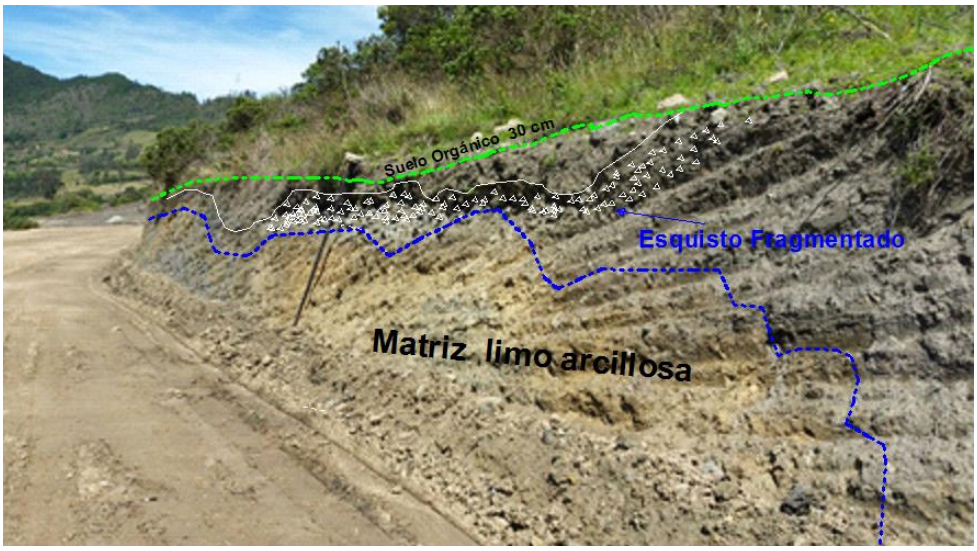
Fuente: Hoja geológica 57 Gonzanama; Hoja Geológica 56 Loja

6.2.2.2 Geología local.

En el sector de estudio que abarca un polígono de 97,20 hectáreas, se encuentran presentes las formaciones Trigal y la Chiguinda durante el recorrido se han podido observar 8 afloramientos que son levantados mediante fichas de campo (Anexo 1)

Los afloramientos descritos a continuación están distribuidos a lo largo de la zona de estudio.

Tabla 25. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 1		
Ubicación	X= 694012 Y= 9557720	**Datum:** WGS 84
Formación	Chiguinda	
Descripción Litología		
El sector de estudio se encuentra en la Formación Chiguinda en la cual se denota principalmente la presencia de esquisto altamente meteorizado.		
		
EL afloramiento es un talud antrópico en el que se puede observar la presencia de una capa de 30 cm de cobertura vegetal, 80 cm de esquisto fragmentado con matriz limo arcillosa con una coloración que va desde café claro a oscuro intercalado con fragmentos de esquisto de dimensiones de 5 cm.		

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 26. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 2		
Ubicación	X= 694021	**Datum**
	Y= 9558030	WGS84
Formación	Chiguinda	

Descripción Litología

Se puede observar rocas metamórficas aflorando a superficie, como se denota en la imagen un esquisto de coloración gris a grisáceo desprendida de las partes altas.

Las dimensiones son de 1 m x 50 cm, en esta roca metamórfica se puede observar la presencia de micro vetillas de cuarzo, micas como la muscovita.

Por lo que la roca se encuentra a superficie está expuesta a una meteorización química, por los agentes físicos: agua, viento temperatura.

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 27. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 3		
Ubicación	X= 693788 Y= 9558022	**Datum:** WGS84
Formación	Chiguinda	

Descripción Litología

Este afloramiento se encuentra en la parte central del área de estudio está constituida por esquistos en mayor parte con intercalaciones de cuarcitas, con vetillas de cuarzo, además de presencia de jarrocita. Se puede observar que la roca esta con un grado medio de meteorización por lo que se encuentra en bloques.

El agrietamiento de esta roca se debe principalmente a la presencia de agentes físicos, debido a que en el sector existen temperaturas bajas (neblina), además de las continuas precipitaciones, cuyas aguas se infiltran en el talud ayudando a la fracturación de los macizos.

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 28. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 4		
Ubicación	X= 693707	**Datum**
	Y= 9557981	WGS84
Formación	Chiguinda	

Descripción Litología

Este afloramiento se encuentra en la parte sur oeste del área de estudio está constituido principalmente por esquisto y en menores cantidades de cuarcitas, además se puede evidenciar la presencia de cárcavas producto de la meteorización física del agua, el perfil del afloramiento no es muy visible debido a que está cubierto por material erosionado.

Las estructuras tienen un dirección preferencial N 55° E y un buzamiento de 24° NW.

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 29. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 5

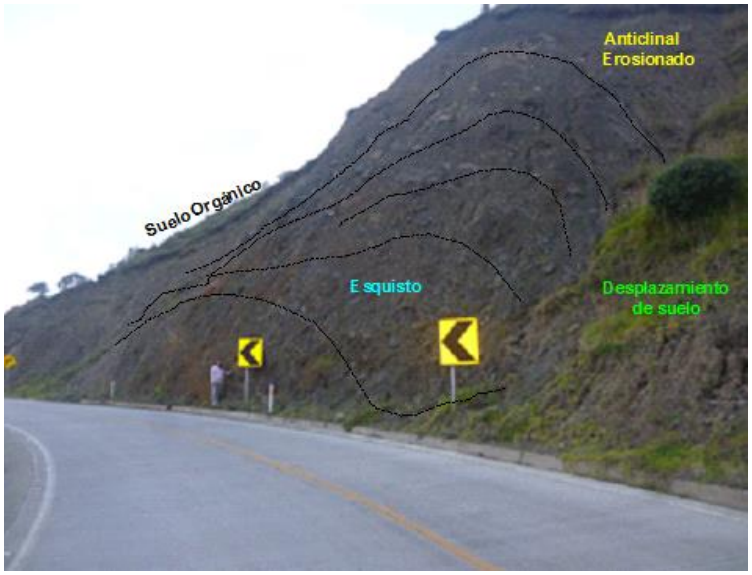
Ubicación	X= 693670 Y= 9558072	**Datum** WGS84
Formación	Chiguinda	

Descripción Litología

Con presencia de esquisto muy meteorizado en la parte occidental del área de estudio, con matriz limo arcillosa suelta de color que va desde café claro hasta café muy oscuro.

En este afloramiento se observa la dislocación de la roca formando hastiales para la formación de un anticlinal erosionado con un rombo de N 82° E y un buzamiento de 46° SE

El afloramiento tiene coloración oscura debido a la presencia de material orgánico.



La capa de material orgánico es muy fina con poca presencia de vegetación, debido a los procesos de meteorización y erosión de la roca.

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 30. Ficha de afloramiento

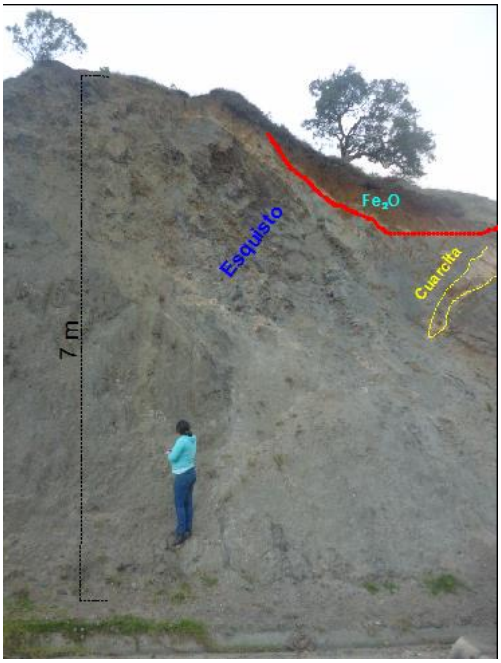
AFLORAMIENTO 6		
Ubicación	**X=** 693817 Y= 9558509	**Datum** **WGS84**
Formación	Chiguinda	

Descripción Litología

En la parte Nor - Occidental localizamos este afloramiento de tipo antrópico en el que encontramos, la presencia de un suelo oxidado por su coloración rojiza, además de la presencia de cuarcitas compuesta minerales de cuarzo, y en pequeñas cantidades de moscovita, unida a un matriz limo arcilloso.

En este afloramiento se puede denotar la transición de un esquisto y cuarcita a esquisto muy meteorizado con alta presencia de limos.

La dirección preferencial de este afloramiento N 75° E y buzamiento de 35° SE



Este talud tiene 7 metros de altura con esquisto como la principal roca del afloramiento.

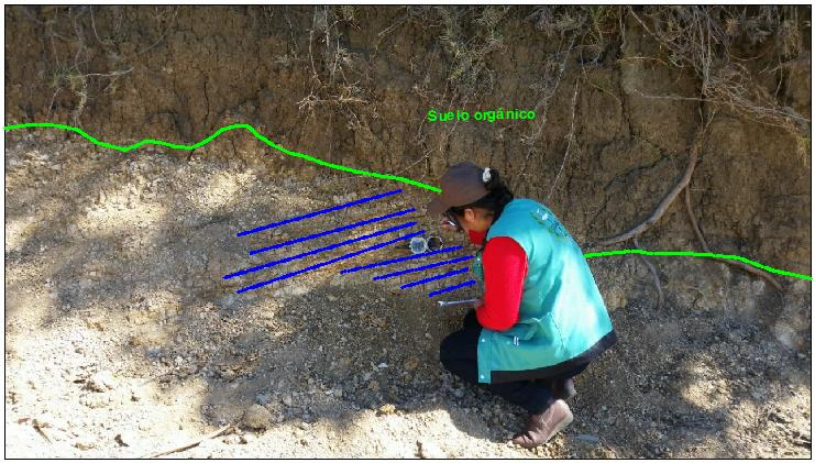
Fuente: La Autora, 2016

Tabla 31. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 7		
Ubicación	X= 694795 Y= 9558691	**Datum** WGS84
Formación	Trigal	

Descripción Litología

En la parte Nor-Este podemos encontrar el afloramiento de lutitas estratificadas, con presencia de oxidación, es un talud antrópico, a lo largo de la vía.



Se puede observar la presencia de suelo orgánico en un estrato de 1m, de coloración café amarillento. La lutitas tienen un rumbo N 35° E y un buzamiento de 12° SE

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 32. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 8		
Ubicación	X= 694819 Y= 9558740	**Datum** WGS84
Formación	Chiguinda	

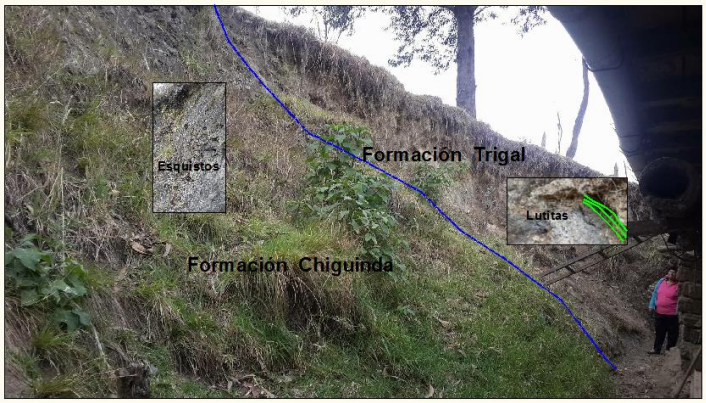
Descripción Litología

El presente afloramiento es de tipo antrópico, en el que se pueden evidenciar esquistos altamente meteorizados con dirección preferencial de N 15° W y un buzamiento de 43° NE.

Se puede observar la presencia de suelo orgánico en un estrato de 50cm, de coloración café oscuro.

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 33. Ficha de afloramiento

AFLORAMIENTO 9		
Ubicación	X= 694669 Y= 9558577	**Datum** WGS84
Formación	Chiguinda/Trigal	
Descripción Litología		
El presente afloramiento es de tipo antrópico con alta presencia de vegetación, en este se puede diferenciar el contacto entre la Formación Chiguinda (Esquistos, cuarcitas), y la Formación Trigal (Areniscas, lutitas, limos) N 25° W y un buzamiento de 48° NE.		
		
En este se puede diferenciar, la coloración del suelo en la Formación Chiguinda es suelo tiene un coloración oscura, mientras en la Formación Trigal este tiene un color más claro.		

Fuente: La Autora, 2016

De acuerdo con los afloramientos, se puede establecer que el área de estudio está dentro de la Formación Trigal y la formación Chiguinda como se observa en el mapa geológico (Anexo 6).

La Formación Chiguinda ocupa un área de 91 ha. Extendiéndose en casi toda la totalidad del sector de estudio, mientras que la Formación Trigal está presente en 6 ha, al nor – este del área de estudio.

La formación Trigal de edad Mioceno Medio está formada principalmente de areniscas de grano grueso en menor proporción láminas finas de conglomerado, además de la presencia de lutitas (Fotografía 5).

Fotografía 5. Estructuras de lutitas Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

La Formación Chiguinda que constituye el basamento de la cuenca de Loja está formado por rocas metamórficas entre ellas filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarsitas.

Fotografía 6. a) Esquistos b) Esquistos meteorizaos con intercalaciones de cuarcitas Formación Chiguinda. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

De acuerdo con los afloramientos se describe que la Formación Trigal (Areniscas, lutitas), con rumbo N 25° W y buzamiento 48° NE, descansa discordantemente sobre el basamento metamórfico de la Formación Chiguinda (Esquistos, Cuarcitas), con rumbo N 15° W y buzamiento 43° NE

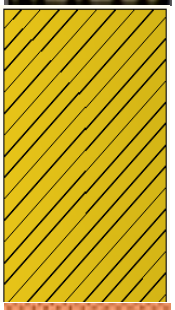
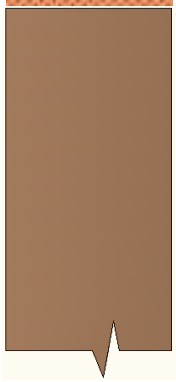
Fotografía 7. Contacto Formación Chiguinda; Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

6.2.3 Estratigrafía

En los afloramientos más representativos podemos encontrar la presencia de rocas metamórficas principalmente esquisto, además de la presencia de lutitas, arenas, la zona de contacto se encuentra entre la formación Chiguinda y la formación Trigal.

Tabla 34. Estratigrafía del área de estudio

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

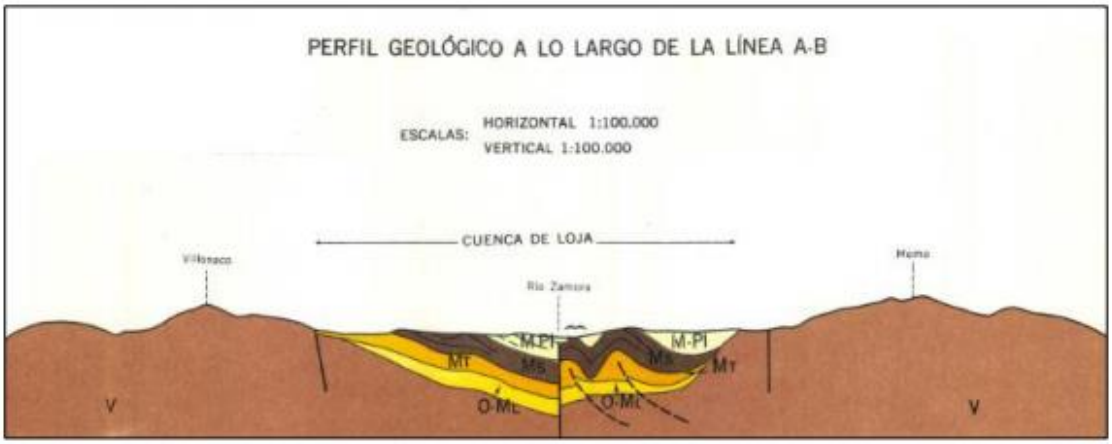
ERA	PERIODO	POTENCIA	NOMBRE	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
		1	Suelo		Suelos arcillosos de color café oscuro, compactados con presencia de materia orgánica.
		3	Lutitas		De la formación Trigal, roca sedimentaria dendrítica, formada por la consolidación de partículas de arcilla y limo.
Terciario	**Mioceno**	5	Areniscas		De la formación Trigal, roca altamente meteorizada contiene clastos de tamaño de arena.
Paleozoico	**Silúrico**	Indefinido	Esquistos		De la formación Chiguinda, roca metamórfica de grano grueso, de coloración gris grisácea contiene minerales de cuarzo y feldespatos, en forma de blastos.

Fuente: La Autora, 2016

6.2.4 Geología estructural

Para la geología estructural del proyecto se procedió la hoja geológica de la cuenca de Loja, ocupa un graben con dirección N-S delimitado por fallas longitudinales normales que establecen el adosamiento del paquete terciario contra rocas metamórficas. El control estructural está evidenciado por una dirección preferencial NS - NE-SW, fallas NNE-SSW variando NE-SW y fallas transversales marginales. La Formación San Cayetano se encuentra finalmente plegada con buzamientos que se acercan casi verticales (figura 8) en cambio los conglomerados de la Formación Quillollaco raramente buzan más de 45°.

Figura 8. Corte geológico de la cuenca de Loja – Línea A-B. Tomado de Hoja NVI-F Loja



Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1975

A partir de los límites del sector de estudio conociendo que el área está dentro de la formación Chiguinda que constituyen el basamento de la cuenca de Loja Formado por rocas metamórficas de edad Paleozoica, que contienen filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarcitas, además de la formación Trigal de edad Miocena Media está formado por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados.

En el área de estudio encontramos las siguientes estructuras geológicas:

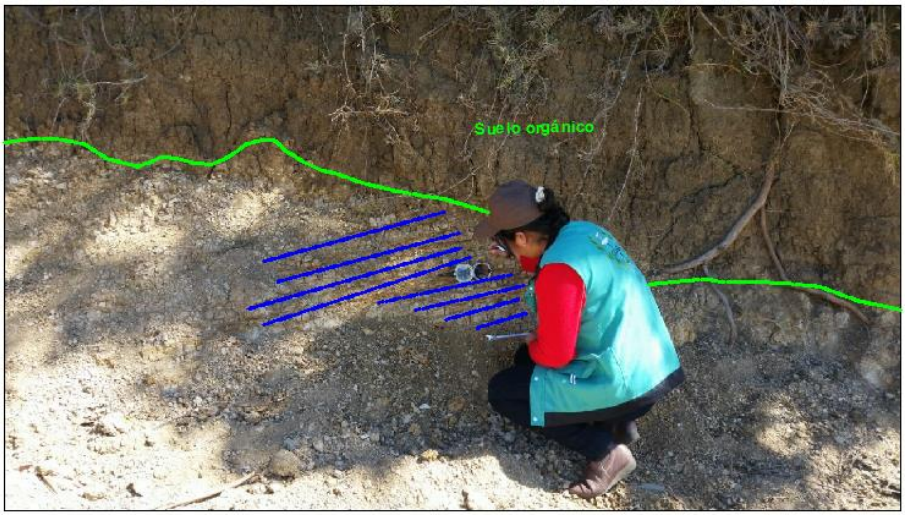
- **Contactos.-** Se encuentra un contacto, al Sur – Este de formación Chiguinda constituidas por rocas metamórficas como los esquistos y cuarcitas con la formación Trigal, lutitas y areniscas.

El área de estudio está constituida de esquistos de la formación Chiguinda, las mismas se encuentran plegadas con buzamientos variables y rumbos principalmente NE. Los datos

estructurales fueron tomados en los afloramientos antes descritos para el levantamiento geológico estructural.

A continuación se describe las estructuras determinadas. La foliación de los esquistos tienen dirección N 35° E, con un buzamiento de 12°SE. El color de esta roca es gris – grisáceo que presenta un grado de meteorización medio, la roca madre en algunas partes se encuentra muy meteorizado.

En la formación Trigal podemos evidenciar estratificación de las rocas sedimentarias (Lutitas) con una dirección S 15° W y un buzamiento 43° NE, el color de esta roca es blanquecino, ver fotografía 8.



Fotografía 8. Estructuras de lutitas Formación Trigal. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

En todo el sector de estudio se puede evidenciar que la roca presenta un grado de meteorización medio la roca no se puede romper con las manos, principalmente en la parte Norte-oeste ver fotografía 9, la roca tiene dirección de N 35° E con un buzamiento de 46° SE.

Fotografía 9. Estructuras de esquistos formación Chiguinda [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

6.2.5 Geomorfología

La geomorfología constituye un factor condicionante importante para la determina nación de la susceptibilidad de un terreno a deslizamientos.

Para la elaboración del mapa geomorfológico (Anexo 7) se utilizó las herramientas de modelamiento digital, complementadas con información de campo, la metodología utilizada es la implementada por CLIRSEN en proyectos tales como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional 2010.

De acuerdo con el levantamiento realizado mediante fichas de campo (Anexo2), en el área de estudio encontramos las siguientes formas de relieve:

Tabla 35. Datos geomorfológicos

FORMA DE RELIEVE	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Coluvión	0,29	0,29
Escarpes	2,04	2,10
Laderas cóncavas escarpadas	25,03	25,83
Laderas cóncavas suaves	5,08	5,24
Superficies de cuestas superiores	30,93	31,91
Superficies plana a onduladas	32,87	33,90
Valle coluvio aluvial	0,67	0,69

Fuente: La Autora, 2016

De acuerdo a los datos obtenidos (Tabla 35) las unidades geomorfológicas que predominan son superficies planas onduladas con una área de 32,87 ha cuya litología es de limos, arcillas, y esquistos altamente meteorizados, ubicados en la parte Occidental del área de estudio en esta forma de relieve es donde se encuentra la mayor parte de viviendas del sector.

Las formas de relieve como: escarpes con área de 2,04 ha, laderas cóncavas escarpadas con un área de 25,03 ha y superficies de cuestas superiores se encuentran en la parte Sur y Nor – Este en zonas de pendiente y zonas de montaña. , Las superficies de cuestas superiores con área de 30,93 ha, ubicadas en la parte central del área de estudio.

El valle coluvio aluvial con 0,67 ha, compuesto por arcillas limos y relleno artificial, esta forma de relieve está presente a los flancos de la quebrada.

Unidades geomorfológicas del sector

Tabla 36. Unidades geomorfológicas del sector

Unidad genética	Unidad morfológica	Litología	Pendiente
Denutativo	Escarpes	Esquistos, cuarcitas	45 – 75
	Cuerpos en forma de herradura	Arcillas y limos	5 – 35
	Coluvión	Esquistos, cuarcitas	40 – 50
Formas estructurales	Laderas cóncavas suaves	Esquistos, cuarcitas, limos y arcillas.	5 – 40
	Laderas cóncavas escarpadas	Esquistos, cuarcitas, limos y arcillas.	10 – 50
	Superficies plana a onduladas	Limos arcillas esquistos meteorizados	5 – 25
	Superficies de cuestas superiores	Arcillas, limos, arenas, material de relleno.	5 – 45
Formas de origen fluvial	Valle coluvio aluvial	Limos, arcillas, relleno artificial	15 – 35

Fuente: Elaboración propia en base a CLIRSEN, 2010.

6.2.6 Uso actual de suelo

Para la realización del mapa de uso actual de suelo (Anexo 8) del área de estudio se tomó en cuenta la fotografía aérea, complementando con fichas y visitas de campo.

En él se obtuvieron los diferentes tipos de cobertura vegetal:

Tabla 37. Uso Actual de Suelo del área de estudio.

CÓDIGO	USO ACTUAL DE SUELO	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
1	Cultivos	12,71	13,11
2	Deslizamiento	2,85	2,94
3	Infraestructura	1,67	1,65
4	Pasto natural	37,99	39,20
5	Pasto cultivado	18,98	19,58
6	Suelos erosionados	0,008	0,0008
7	Vegetación arbórea	20,72	21,38
8	Vía	2,01	2,07

Elaborado: La Autora, 2016

De acuerdo con los resultados de uso actual de suelo, el pasto natural es quien ocupa mayor área con 38,10 ha, distribuido en la parte Sur – Occidental, seguidamente esta los pastos cultivados con un área de 21,42 ha.

Los deslizamientos cubren un área de 2,85 ha y están distribuidos a lo largo de la vía, afectando tanto a la vía como a viviendas.

Los suelos erosionados con 0,008 ha, son los que ocupan la menor superficie del sector de estudio.

6.2.7 Caracterización geotécnica

Para la caracterización geotécnica del área de estudio se toma en consideración la realización de 3 Sondeos eléctricos verticales (Tabla 17) y 2 Ensayos de Penetración Estándar (Tabla 18), ubicados cada uno de acuerdo a las necesidades del trabajo y las condiciones físicas del terreno.

6.2.7.1 Interpretación sondeos eléctricos verticales – SEV

Para nuestro estudio, en la exploración geofísica se emplea el Método Eléctrico de Resistividades, en su modalidad de Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.).

Fotografía 10. Equipo de sondeo eléctrico vertical [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Tomando en consideración principalmente el alcance de la investigación, para este caso se realizaron 3 sondeos eléctricos verticales (SEV), mediante el arreglo Schlumberger.

- **SEV 1**

El primer Sondeo Eléctrico realizado en el sector está ubicado en la parte Sur – Este del sector de estudio una altura de 2350 con un abertura máxima AB/2 de 40 m y una profundidad de 30 m en el que tenemos 4 estratos.

Tabla 38. Datos procesados en la línea SEV 1.

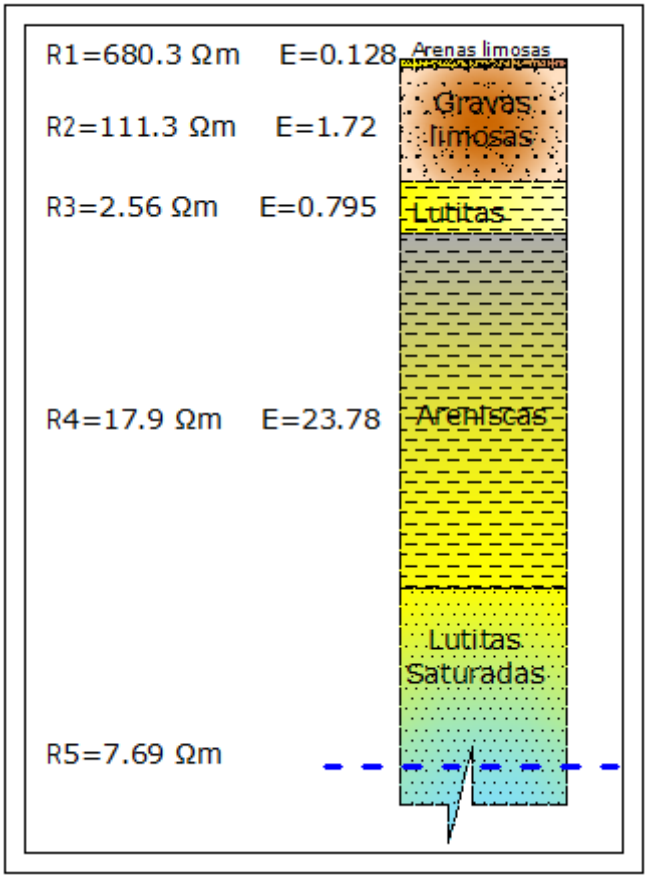
ESTRATOS	PROFUNDIDAD	ESPESOR	RESISTIVIDAD
No.	Metros	Metros	Ohm-m
1	1.0	0.128	680.3
2	2,0	1.72	111.3
3	7,3	0.795	2.56
4	22,3	23.78	17.09
5			7.69

Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

Como se muestra en la figura 9, de acuerdo con los resultados obtenidos, el primer estrato de 0,128 m de espesor, con una resistividad de 680 Ω corresponde a un suelo limo arenoso, el segundo estrato de 1,72 m con una resistividad de 111.3 Ω que pertenece arenas, el tercer estrato corresponde a un espesor de 0,79 m con una resistividad 2,56 Ω lo que significa que este estrato es constituido por una capa de arcilla (Lutitas), el cuarto estrato con espesor de 23,78 metros y con una resistividad de 17,09 Ω que constituyen

areniscas, el ultimo estrato tiene una resistividad de 7,69Ω lo que significa que se tiene lutitas saturadas.

Figura 9. Corte geoeléctrico SEV1



Fuente: La Autora, 2016

- **SEV 2**

Esta línea tiene una abertura máxima de 40m con los datos de campo obtenidos de campo obtuvimos 5 estratos con distintas resistividades.

Tabla 39. Datos procesados en la línea SEV 2.

ESTRATOS	PROFUNDIDAD	ESPESOR	RESISTIVIDAD
No.	**Metros**	**Metros**	**Verdadera Ohm-m**
1	1,0	1,0	36,0
2	6,0	5,0	29,0
3	22	15,0	290,0
5			2320,0

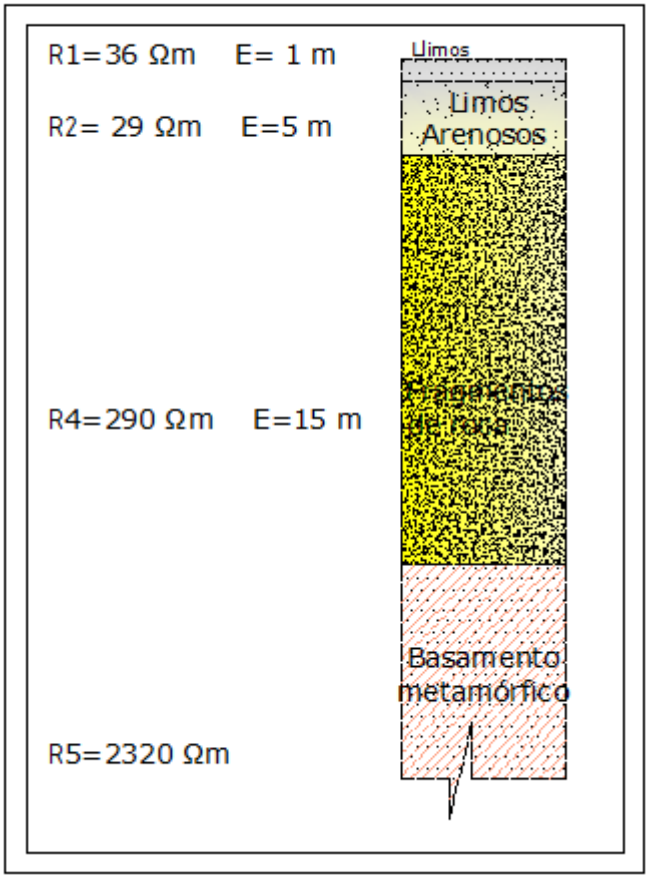
Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

A nivel superficial la distribución del estrato uno, de una potencia de 1 m con una resistividad de 36 Ω que pertenece a la presencia de limos, el estrato 2, cuyo valor de resistividad es de 29 Ω y espesor de 5 m cuyo material de cobertura constituida por limos arenosos, de exenta de humedad, los sedimentos que tienen una variación de su granulometría en menor o mayor grado, su permeabilidad se la considera moderada.

Siguiendo en profundidad se aprecia el tercer estrato, su valore de resistividad es de 290Ω le corresponde materiales de granulometría gruesa, fragmentos de roca, con una permeabilidad regular seca con una potencia de 15 m. Finalmente el último estrato, con un valor de 2320 Ω, el mismo que no se define su potencia, se establece que es el basamento conformado por rocas metamórficas. Figura 10.

Figura 10. Corte geoeléctrico SEV2

SEV 2



Fuente: La Autora, 2016

- **SEV 3**

La tercera línea SEV tiene una abertura máxima fue de 24 m, que mediante los datos obtenidos se obtuvo los siguientes resultados.

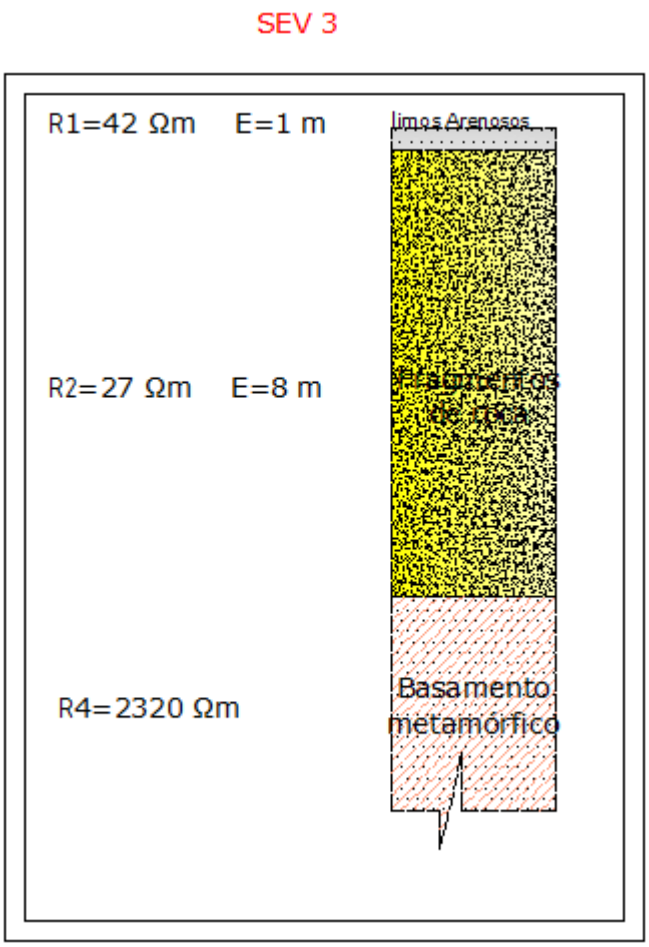
Tabla 40. Datos procesados en la línea SEV 3.

ESTRATOS	PROFUNDIDAD	ESPESOR	RESISTIVIDAD
No.	**Metros**	**Metros**	**Verdadera Ohm-m**
1	1,0	1,0	42,0
2	9,0	8,0	27,0
4			2320,0

Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

En el SEV tres se puede definir 3 estratos los cuales se dividen a continuación: en el primer estrato se puede definir que está constituido por limos arenosos de extensa humedad y cuya permeabilidad se la considera moderada con una resistividad de 42 Ω y con espesor de 1 m, seguidamente el segundo estrato con un valor de 290 Ω y un espesor de 8 m que corresponde a materiales de granulometría gruesa como esquistos fragmentados con una permeabilidad regular, finalmente y se puede notar que aparece el ultimo estrato, este no tiene potencia definida, se lo considera como el basamento metamórfico.

Figura 11. Corte geoeléctrico SEV3



Fuente: La Autora, 2016

6.2.7.2 Ensayo de penetración estándar

La prueba de penetración estándar (SPT), permite determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo, mediante el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro estándar, y obtener muestras alteradas para identificar los suelos en estudio. Con estas muestras se puede conocer las condiciones estratigráficas del sitio, con las que se determina los índices y granulometrías así como también a través de correlaciones empíricas del número de golpes obtener la resistencia del suelo al corte.

Fotografía 11. Equipo de Ensayo de Penetración Estándar (SPT). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

El ensayo de penetración estándar o SPT realizado en el barrio Eucaliptos al S-E del área de estudio; se prestó los servicios del laboratorio "STUELCOM" para realizar el ensayo de SPT.

De acuerdo a la geología se realizaron dos pruebas de SPT.

Interpretación de SPT 1

La profundidad del ensayo alcanzo un nivel de 5 m ubicado en la Formación Trigal los suelos encontrados corresponden a profundidad de 1m. Arenas Limosas (SM), 2m. Gravas limosas (GM), 3m. Arcilla de alta plasticidad (CH1), 4m. Arenas Arcillosas (SC), y 5m. Arenas Arcillosas (SC). Los suelos tienen una coloración café oscuro con un valor promedio de humedad de 56%.

Tabla 41. Resultados de suelo SPT 1.

PROFUNDIDAD	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
1	SM	CH= 34,55 % LL= 59 % LP= 31 % IP= 28 %	Arena limosa
2	GM	CH= 33,86 % LL= 57 % LP= 30 % IP= 27 %	Grava limosa
3	CH1	CH=43,15 % LL= 74 % LP= 29 % IP= 45 %	Arcilla de alta plasticidad
4	SM	CH= 23,63% LL= 45 % LP= 24 % IP= 21 %	Arena arcillosa
5	SM	CH= 26,45% LL= 45 % LP= 24 % IP= 21 %	Arena arcillosa

Fuente: La Autora; Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

Figura 12. Resultados de campo y laboratorio, Ensayo de Penetración Estándar 1

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

SONDAJE N° 1 | TIPO DE SONDAJE: S.P.T. | FECHA: 27 JUNIO DEL 2016

PROYECTO: Análisis de susceptibilidad a deslizamientos Av. Villonaco | UBICACIÓN: X:694708 Y: 9558607

Prf m	(N) Golpes 15 cm	30cm	45cm	GOLPES S.P.T.	S.P.T. 0 10 20 30 40 50 60 70	Consistencia	L.L.	L.P.	I.P.	Clasificación SUCS Descripción	Símbolo
1	3	5	6	11		Firme	59	31	28	Arena limosa	SM
2	5	7	10	17		Firme	57	30	27	Grava limosa	GM
3	5	10	15	25		Firme	74	29	45	Arcilla de alta plasticidad	CH1
4	9	23	24	47		Firme	45	24	21	Arena arcillosa	SM
5	20	25	30	55		Firme	45	24	21	Arena arcillosa	SM
6	50	R	R	100		Media					

OBSERVACIONES: no se encontró nivel freático.

Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

En la fotografía 12. Se muestra el testigo de 43 cm de arena limosa, de color que va desde café claro hasta café oscuro, este se encuentra fracturado, además presenta un proceso de oxidación., el valor promedio de humedad es de 59%, lo que representa una humedad medio. En todo el ensayo no se encontró nivel freático.

Fotografía 12. Muestra 2m del ensayo de Penetración Estándar (SPT). [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Interpretación de SPT 2

De acuerdo con los resultados del segundo ensayo realizado podemos describir lo siguiente: el sondeo tiene una profundidad de 3 metros, en el que encontramos suelos de arcilla orgánica de alta plasticidad (CH) a 1m, a 2m encontramos arcillas de alta plasticidad con arena (CH), y a profundidad de 3m Gravas arcillosas medianamente densas.

Tabla 42. Resultados de suelo SPT 2.

PROFUNDIDAD	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
1	CH	C.H.= 36,23 L.L= 78 L.P.= 21 I.P.= 57	Arcilla orgánica de alta plasticidad
2	CH	C.H.= 43,68 L.L= 64 L.P.= 28 I.P.= 35	Arcilla de alta plasticidad con arena
3	GM	C.H.= 16,14 L.L= 38 L.P.= 19 I.P.= 19	Grava arcillosa de compacidad medianamente densa

Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

Los colores de las muestras van de tonalidades negras a café oscuros, el primer metro la tonalidad negra se debe a la presencia de materia orgánica, los colores de demás son café oscuro.

Figura 13. Resultados de campo y laboratorio, Ensayo de Penetración Estándar 2

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

SONDAJE N°	2	TIPO DE SONDAJE: S.P.T.	FECHA: 27 JUNIO DEL 2016
PROYECTO:	Análisis de susceptibilidad a deslizamientos Av. Villonaco		UBICACIÓN: X: 694130 Y: 9558458

Prf m	(N) Golpes 15 cm	30cm	45cm	GOLPES S.P.T.	S.P.T. 0 10 20 30 40 50 60 70	Consistencia	L.L.	L.P.	I.P.	Clasificación SUCS Descripción	Símbolo
1	3	6	11	20		Firme	78	21	57	Arcilla orgánica de alta plasticidad	CH
2	9	12	16	37		Firme	64	28	35	Arcilla de alta plasticidad con arena	CH
3	18	37	33	70		Firme	38	19	19	Grava arcillosa de compacidad medianamente densa	GM
4	R	R	R	100		Media					

OBSERVACIONES: no se encontró nivel freático.

Fuente: La Autora, Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

6.2.7.3 Interpretación geotécnica

De la información obtenida se puede decir que el sector de estudio se encuentra dentro de dos formaciones la formación sedimentaria Trigal y la Chiguinda metamórfica, en el que puede diferenciar la presencia de rocas como el esquisto, cuarcitas, lutitas, areniscas.

Para la valoración como zona geológica – geotécnica se ha optado por la metodología planteada por Valencia Carolina en el año 2008, en donde se toman en consideración los siguientes condicionantes geotécnicos:

- Capacidad portante
- Deformabilidad
- Tipo de explanada
- Clasificación del material para su realización
- Drenaje

Cada factor se puntúa de 0 a 2, considerando la situación menos favorable respectivamente por cada uno de ellos. Esto es así salvo en el apartado de reutilización donde existen cuatro categorías de suelos (marginal, tolerable, adecuado y seleccionado), utilizándose los valores de 0 a 3 con el mismo criterio anterior, y en el apartado de posibles problemas geotécnicos donde sólo se ha valorado si existen o no, con valores de 0 y 1 respectivamente. La valoración global se divide en tres categorías:

- Menos o igual a 5 puntos: Deficiente

- De 6 a 9 puntos: Aceptable
- Más de 9 puntos: Bueno

A continuación describimos las características geotécnicas del área de estudio:

Tabla 43. Valoración geotécnica de las unidades geológicas

VARIABLES	**UNIDADES GEOTÉCNICAS**	
	Esquistos, - Cuarcitas (Formación Chiguinda)	Lutitas – Areniscas (Formación Trigal)
Capacidad portante	2	1
Deformabilidad	2	1
Excabilidad	1	1
Tipo de explanada	1	1
Reutilización	1	1
Drenaje	1	1
Total	8	5
Clasificación	**Aceptable**	**Deficiente**

Fuente: La Autora, 2016

De acuerdo a la valoración geotécnica tabla 43, la formación Trigal que posee areniscas muy meteorizadas y lutitas es comprensible en función de los valores, que sea catalogada como DEFICIENTE, requiriendo (para la construcción) cimentaciones superficiales bases de por lo menos 1.5x1.5m, previo medidas de drenaje. En este caso obras mayores como puentes, desvíos de vías u otras se recomienda pilotaje, para la estabilización y control de suelos de este tipo de suelos arcillosos se recomienda la utilización de cal, cemento o polímeros. Los drenajes deben establecerse en función de los niveles freáticos con geotextiles, gravas y/o tubos perforados.

En el caso de los esquistos tienen una clasificación como ACEPTABLE, ya que tienen una mayor resistividad, son fuertemente compactados y tiene un bajo rango de deformabilidad. Son los que brindan mejores garantías para cualquier cimentación civil, en este caso no es considerable realizar ningún tipo de pilotaje, pero si es necesario realizar drenajes superficiales y profundos teniendo en cuenta el nivel freático, esto debido a son rocas muy estables en condiciones secas pero esa condición baja cuando están en contacto con el agua y tienden a saturarse por completo.

- **Calculo para una cimentación**

Para el cálculo de la cimentación superficial para una infraestructura estándar, con zapatas aisladas, se toma en cuenta la relación de carga viva y carga muerta (250 kg/m$^{2)}$ de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción, parte 3 cargas y materiales.

Datos

Base de cimentación o zapatas= 1,5 x 1,5

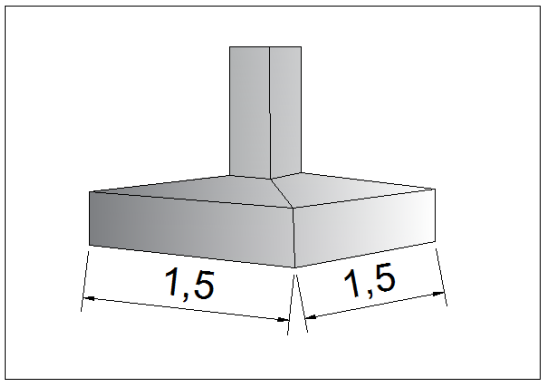
Carga muerta (CM)= 250 kg/m^2

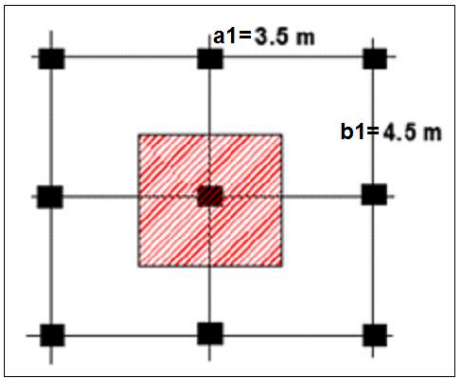
Carga viva (CV)= 250 kg/m^2

Carga admisible (qa)= 24,1 tn/m^3

Número de pisos= 4

Figura 14. a) Dimensiones de las bases b) Área de la loza





Fuente: El Autor, 2016

Área colaborante

$$Ac = a1 * b1$$

$$Ac = 3{,}5m * 4{,}5m$$

$$Ac = 15{,}75\ m^2$$

Carga de la infraestructura

$$C = CM + CV$$

$$C = 250\ Kg/m^2 + 250\ \ Kg/m^2$$

$$C = 500\ Kg/m^2$$

Carga total (Q)

$$Q = (C * Ac) * 4$$

$$Q = (500\ Kg/m^2 * 15{,}75\ m^2) * 4$$

$$Q = 31.5\ tn$$

Relación carga total Vs carga portante

$$q = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{A}}$$

$$q = \frac{31{,}5\ \mathrm{ton}}{2{,}25\ m^2}$$

$$q = 14\ tn/m^2$$

$$q < q\ admisible$$

$$14\frac{tn}{m^2} < 24{,}1\frac{tn}{m^2}$$

A cimentación

$$A = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{q\ admisible}}$$

$$A = \frac{31{,}5\ \mathrm{ton}}{24{,}1\ \mathrm{ton}/m^2}$$

$$A = 1{,}30\ m^2$$

$$A = 1{,}14\ m\ x\ 1{,}14\ m$$

Esto significa que las cimentaciones deberían de ser de 1,2 * 1,2 pero no es recomendable debido la norma mínima estándar es de 1,5 * 1,5 metros para que soporte una carga de

31.5 ton. Con eso se garantiza la integridad de la infraestructura y se previenen asentamientos.

6.2.8 Inventario de deslizamientos

Con el objetivo de correlacionar los resultados de susceptibilidad se realizó un inventario de deslizamientos en el que se identificó 4 deslizamientos como se observa en el Mapa topográfico (Anexo 4) que fueron caracterizados y cuya ubicación se describe a continuación:

Tabla 44. Ubicación deslizamientos

DESLIZAMIENTOS	COORDENADAS	
	X	Y
1	694739	9558645
2	693678	9557937
3	693659	9558121
4	693681	9558216

Fuente: La Autora, 2016

El primer deslizamiento identificado se encuentra en la parte sur oeste del área de estudio este tiene aproximadamente 300 m de largo por 200 m de ancho y una profundidad aproximada de 15 m es un deslizamiento de tipo rotacional con una dirección N 27° E con ángulo de inclinación de 12°, se encuentra dentro la formación Trigal, el material deslizado es arcilla (lutitas), altamente meteorizada, en la presente imagen se puede identificar los arboles inclinados, además de daños producidos en viviendas así como a la infraestructura vial

Fotografía 13. Fotografía deslizamiento 1.a) árboles inclinados b) daños causados. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

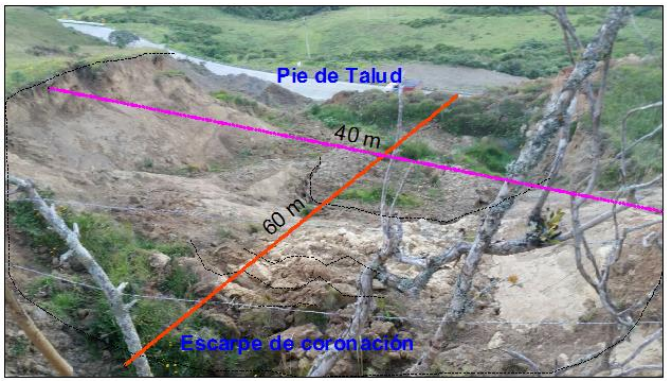
El presente movimiento de masa es de tipo rotacional tiene 15 m de largo por 8 m de ancho y una profundidad de 5 m, con un ángulo de inclinación de 35° y una dirección de N 55° E el material removido es suelos residuales, este se encuentra en un talud de la vía este causa daños a la infraestructura vial.

Fotografía 14. Fotografía deslizamiento 2. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Este deslizamiento se encuentra ubicado en la parte occidental del sector, tiene una dirección N 40° E con un ángulo de inclinación de 50° y dimensiones de largo de 20 m por 10 m de ancho con una profundidad de 5 m, en la fotografía 11 podemos observar la presencia de una quebrada al flanco derecho y cuyos daños es a la infraestructura vial. El material removido corresponde a suelos residuales.

Fotografía 15. Fotografía deslizamiento 3. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

Este deslizamiento tiene un largo de 60m por 40m de ancho una profundidad de 8m, es de tipo rotacional y afecta directamente a la infraestructura vial, tapando la mitad de la de la misma, este deslizamiento se debe a la inclinación del talud casi perpendicular 55° además de la presencia de escorrentía. Este deslizamiento tiene una dirección N 32° E, el material removido corresponde a suelos residuales.



Fotografía 16. Fotografía deslizamiento 4. [Fotografía de Andrea Lapo]. (Loja 2016).

6.2.8.1 Calculo de factor de seguridad

Para el cálculo del factor de seguridad se empleó la metodología del talud infinito en seco, saturado.

$$Fs\ seco = \frac{C'}{\gamma * H * \cos^2\beta * tg\beta} + \frac{tg\ \theta}{tg\ B}$$

En dónde:

C´= Cohesión

γ = Peso específico del material

H = Altura

ɵ = Ángulo de fricción interna

β = Ángulo de superficie de talud

$$Fs\ sat = \frac{C'}{\gamma sat * H * \cos^2\beta * tg\beta} + \frac{\gamma' * tg\ \theta}{\gamma sat * tg\ B}$$

C´= Cohesión

γ = Peso específico del material

H = Altura

ɵ = Ángulo de fricción interna

β = Ángulo de superficie de talud

γ sat= Peso específico saturado

Tabla 45. Datos para el cálculo de factor de seguridad en seco

TALUD INFINITO SECO						
	C´	**Γ**	**H**	**B**	**ɵ**	**Fs**
Des. 1	120 KN/m^2	16,50 KN/m^2	35 m	12°	30°	1,9
Des. 2	160 KN/m^2	21,36 KN/m^2	17 m	35°	33°	1,9
Des. 3	160 KN/m^2	21,36 KN/m^2	20 m	50°	33°	1,3
Des. 4	160 KN/m^2	21,36 KN/m^2	26 m	55°	33°	1,1

Fuente: La Autora; Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

De acuerdo a los resultados de factor de seguridad en seco estos presentan un grado de estabilidad medio.

Tabla 46. Datos para el cálculo de factor de seguridad saturado

TALUD INFINITO SATURADO							
	C´	**Γ**	**H**	**β**	**ɵ**	**γ sat**	**Fs**
Des. 1	120 KN/m^2	16,50 KN/m^3	35 m	12°	30	33 KN/m^3	1,2
Des. 2	160 KN/m^2	21,36 KN/m^3	17 m	35°	33	39,5 KN/m^3	1,05
Des. 3	160 KN/m^2	21,36 KN/m^3	20 m	50°	33	39,5 KN/m^3	0,7
Des. 4	160 KN/m^2	21,36 KN/m^3	26 m	55°	33	39,5 KN/m^3	0,58

Fuente: La Autora; Tomado datos Laboratorio STUELCOM, 2016

El factor de seguridad del suelo saturado nos representa que el factor de seguridad es demasiado bajo en algunos casos, lo que representa que en estos se debe establecer medidas de seguridad de acuerdo al tipo de deslizamiento presente.

6.2.9 Mapa de susceptibilidad

6.2.9.1 Método heurístico

Para la determinación de la susceptibilidad mediante el método heurístico, se toma en cuenta los parámetros como: pendiente, geología, geomorfología y uso actual de suelo los mismos que influyen en la inestabilidad del terreno.

El método heurístico consiste en la asignación de pesos, a cada factor dependiendo del grado de influencia, (Tabla 47).

Tabla 47. Condición para asignación de pesos

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características sean muy susceptibles a deslizamientos.	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características sean muy susceptibles a deslizamientos.	5
Fuente: Tomado W. Tambo 2011	

A continuación se procede a la asignación de pesos, para cada condición (pendiente, geología, geomorfología, uso actual de suelo).

Tabla 48. Asignación de pesos para la variable geología

GEOLOGÍA	PESO
Limos, esquistos meteorizados	3
Cuarcitas, esquistos	2
Areniscas y lutitas	5
Limos, Lutitas	4
Fuente: La Autora, 2016	

Tabla 49. Asignación de pesos para la variable geomorfología

GEOMORFOLOGÍA	PESO
Coluvión	3
Escarpes	4
Laderas cóncavas escarpadas	5
Laderas cóncavas suaves	4
Superficies de cuestas superiores	4
Superficies planas a onduladas	2
Valle coluvio aluvial	3
Fuente: La Autora, 2016	

Tabla 50. Asignación de pesos para la variable uso actual de suelo

USO DE SUELO	PESO
Cultivos	4
Deslizamiento	5
Infraestructura	2
Pasto natural	3
Pasto cultivado	3
Suelo erosionado	5
Vegetación arbórea	2
Vía	4

Fuente: La Autora, 2016

Tabla 51. Asignación de pesos para la variable pendiente

PENDIENTE	PESO
Ligeramente inclinada	2
Fuertemente inclinada	3
Escarpe	4
Precipicio	5

Fuente: La Autora, 2016

Los pesos asignados a cada una de las variables van de acuerdo al criterio del autor, así por ejemplo las areniscas, lutitas tienen un peso de 5 debido a las condiciones que presentan estas arcillas sumadas al agua son más propensas a sufrir deslizamientos no es así el caso de los esquistos y cuarcitas que son más compactas por lo tanto tienen un peso de 2.

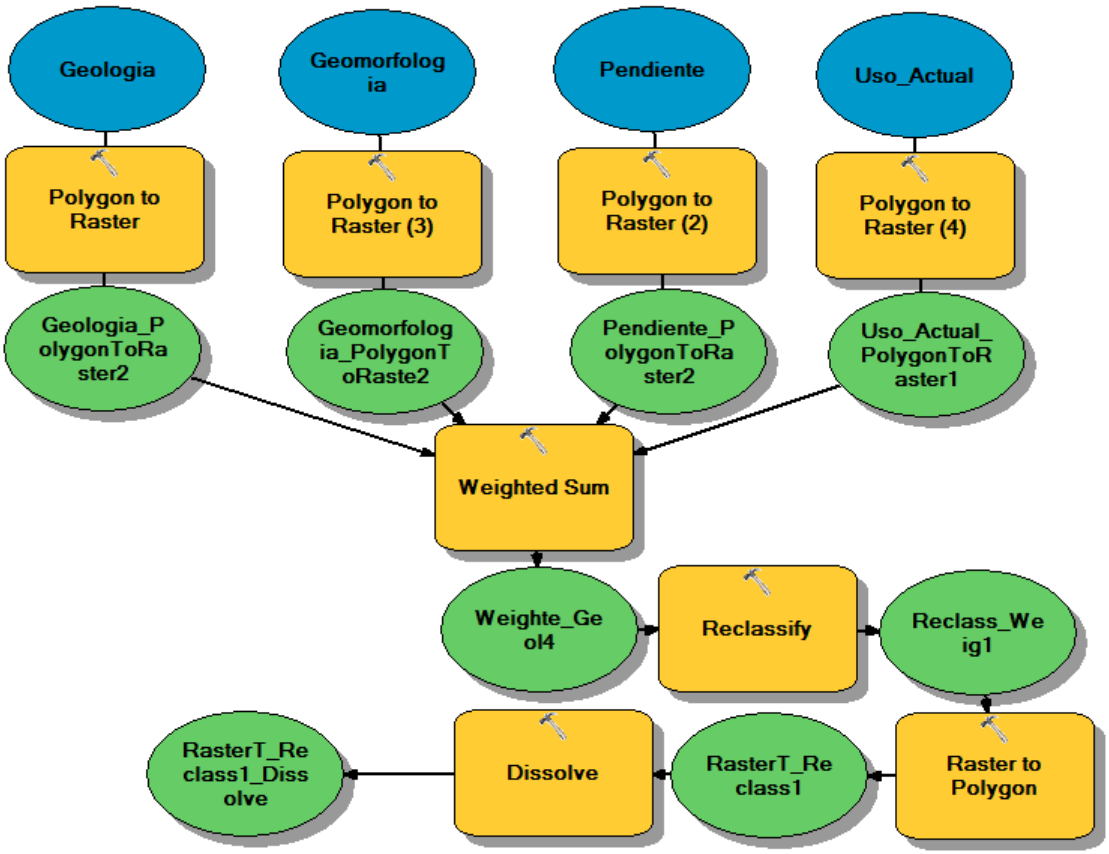
De acuerdo con la geomorfología las laderas cóncavas escarpadas, tiene un peso de 5 debido a que estas son más propensas a sufrir deslizamientos por la pendiente sumado con la litología que estas tienen, como no, es el caso de las superficies planas a onduladas que a pesar de que en ocasiones tienen una litología desfavorable pero su pendiente es casi plana, y por esto tiene un peso de 2.

En el uso actual de suelo los deslizamientos y el suelo erosionado tienen un peso de 5 por las condiciones físicas del terreno (litología, presencia de agua), en cambio la vegetación arbórea e infraestructura tienen un peso de 2 debido a que en estos son más estables.

La asignación de pesos a la variable pendiente va de acuerdo al grado de inclinación de la pendiente, es así la pendiente ligeramente inclinada tiene un peso de 2, y el precipicio tiene un peso de 5.

Para finalizar con el mapa de susceptibilidad e realiza el cruce de los diferentes mapas antes mencionados; a través de la suma ponderada con la asignación de pesos (Tabla 21) donde la geología tiene el mayor rango (0.4), luego a la geomorfología (0,3), seguido por las pendientes (0,2), y uso actual de suelo (0,1), la asignación de pesos se realizó de acuerdo al criterio del autor.

Figura 15. Secuencia Model Builer



Fuente: La Autora, 2016

La suma de factores dio como resultado 5 categorías que se describen a continuación como se observa en la tabla 52.

Tabla 52. Clases de susceptibilidad del sector de estudio por el método heurístico

CATEGORÍAS	ÁREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy baja susceptibilidad	7,53	7,78
Baja susceptibilidad	25,72	26,54
Mediana susceptibilidad	41,06	42,37
Alta susceptibilidad	18,22	18,8
Muy alta susceptibilidad	4,13	4,26

Fuente: La Autora, 2016

Susceptibilidad muy baja: Se caracteriza por la estabilidad que posee el terreno, para que no ocurran deslizamientos. Ocupan un área de 7,53 ha que comprende un 7,78% del área total, distribuida mayormente Nor – oeste del área de estudio, constituida por superficies planas a onduladas y escarpes, con una litología de esquistos meteorizados con presencia de limos, arcillas, con una pendiente muy baja a baja la que conlleva a que no exista susceptibilidad a deslizamientos y en cuyo suelo exista vegetación arbórea e infraestructura.

Susceptibilidad baja: Esta dentro de una área 25,72 ha que comprende el 26,74 % del área de estudio. Esta se encuentra distribuida en el la parte sur – este y nor – oeste, se caracterizan por pendientes poco inclinadas o terrenos casi planos, en cuanto a su litología de esquistos altamente meteorizados, se encuentran en suelos ocupados por infraestructura, pastos y cultivos.

Susceptibilidad Media: Corresponde casi la totalidad de terreno con un área de 41,06 que corresponde al 42,37% de la superficie total, distribuida en toda el área del terreno de estudio cuyas condiciones de terreno, posee pendientes medias, están presentes limos esquistos cuarcitas, con intercalaciones de arcillas

Susceptibilidad alta: Corresponden a zonas donde las condiciones del terreno hacen que sea posible la ocurrencia de deslizamientos, en este caso en terreno escarpados, en superficies de cuestas superiores con pendientes de 35 a mayores, sumado a la presencia de arcillas, limos y arenas. Ocupan una área de 18,22 ha, que corresponde al 18,8%. Geográficamente se encuentra en las zonas de deslizamientos en el sector Eucaliptos y muy cerca de la Sub – Estación Villonaco.

Susceptibilidad muy alta: estas áreas son críticas, donde las condiciones del terreno han hecho que se conviertan en zonas muy inestables, muy propensas a sufrir procesos de movimientos en masa, poseen pendientes mayores a 45%, con presencia de limos, arcillas, lutitas, arenas saturadas. Esta zona es pequeña, ocupa una superficie de 4,13 ha. Que comprende el 4,26% del área total. Esta se encuentra en las zonas de deslizamiento mayoritariamente.

En conclusión como se observa en el mapa de susceptibilidad (Anexo 11) por el método heurístico, el área de estudio está dentro de una susceptibilidad media, haciendo referencia a las zonas pobladas (Barrio Eucaliptos), estas se encuentran dentro de una zona que va desde susceptibilidad baja a media, las zonas de alta susceptibilidad se encuentran en áreas de pendientes pronunciadas.

6.2.9.2 Método determinístico

Para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico de la Av. Villonaco se empleó la extensión SINMAP en el ArcGis 10.1, utilizando el análisis de talud infinito, que dentro del software es analizado con un ráster (Modelo Digital de Terreno, DTM.) pixel por pixel debidamente calibrado.

Los valores utilizados para la calibración de los parámetros han sido obtenidos del trabajo de campo y del análisis de ensayos in-situ y de laboratorio. Así, la cota máxima y mínima han sido obtenidos en el levantamiento topográfico; la densidad del geomaterial ha sido calculada de ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas del SPT; la cohesión mínima, la cohesión máxima y el ángulo de fricción interna mínimo y máximo han sido calculados indirectamente a partir del ensayo SPT. Los valores de la cohesión mínima y el ángulo de fricción interna mínimo han sido considerados como los valores correspondientes a 3m de profundidad. Los valores de la cohesión máxima y ángulo de fricción interna máxima corresponden a aquellos de 3m de profundidad, debido a que los deslizamientos presentes en la zona son considerados superficiales, cuyos planos de rotura tienes lugar a aproximadamente 3 metros de profundidad.

Para la clasificación de la susceptibilidad se propuso la siguiente (Tabla 54) de acuerdo al factor de seguridad.

Tabla 53. Clases de estabilidad y factor de seguridad

ESTABILIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD
Estabilidad alta	> 1.5
Estabilidad media	1.25 – 1.5
Estabilidad baja	1.0 – 1.25
Inestabilidad baja	0.5 – 1.0
Inestabilidad media	0.0 – 0.5
Inestabilidad alta	0.0

Fuente: Lan y Otros, 2004

Los datos utilizados para la realización del mapa de susceptibilidad se muestran a continuación (Tablas 54 y 55), estos son tomados de los SPTS realizados por el laboratorio STUELCOM S.A, solo los datos de T/R Min y Max son tomados por default del programa.

Tabla 54. Datos Geotécnicos usados en la calibración de SINMAP 2.0. (SPT 1)

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
MDE	
Espesor del suelo (m)	1
Gravedad (m/s^2)	9,8
Densidad del agua (kg/m3)	1000
Densidad del material (kg/m3)	1650
T/R Min (m)	2000
T/R Max (m)	3000
Cohesión Min (sin unidades)	0
Cohesión Max (sin unidades)	1,2
Phi Min (°)	30
Phi Max (°)	48

Fuente: El Autor, 2016

Tabla 55. Datos Geotécnicos usados en la calibración de SINMAP 2.0. (SPT 2)

PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
MDE	
Espesor del suelo (m)	1
Gravedad (m/s^2)	9,8
Densidad del agua (kg/m3)	1000
Densidad del material (kg/m3)	2100
T/R Min (m)	2000
T/R Max (m)	3000
Cohesión Min (sin unidades)	0,7
Cohesión Max (sin unidades)	1,6
Phi Min (°)	33
Phi Max (°)	48

Fuente: El Autor, 2016

Los resultados obtenidos en el mapa de susceptibilidad por el método determinístico de describen en la Tabla 56. Anexo 12.

Tabla 56. Estabilidad a deslizamientos por el Método Determinístico

ESTABILIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Estabilidad alta	> 1.5	62,54	67,70
Estabilidad media	1.25 – 1.5	13,94	13,42
Estabilidad baja	1.0 – 1,25	9,23	9,56
Inestabilidad baja	0.5 – 1.0	10,16	10,16

Fuente: La Autora, 2016

De acuerdo con los datos obtenidos el área de estudio se encuentra dentro de un grado de estabilidad alta con área de 62,54 que corresponde al 67,34%, lo que corresponde a terrenos estables menos propensos a sufrir deslizamientos.

Las zonas críticas son: Inestabilidad baja y estabilidad baja que suman un área de 19,39 ha. Lo que corresponde al 19,72%. Que presentan un promedio de pendientes altas, además de una litología favorable para que se produzcan deslizamientos, estas se encuentran en las zonas de deslizamientos en el sector Eucaliptos y muy cerca de la vía antigua a Catamayo.

- **Correlación**

Se realizó la caracterización de los deslizamientos identificados en el área de estudio

La correlación de los deslizamientos y los mapas de susceptibilidad tanto del método multicriterio y determinístico, se detallan en la tabla 57.

Tabla 57. Correlación mapa de susceptibilidad con los deslizamientos

Deslizamiento	**Coordenadas UTM WGS 84**		**Método heurístico**		**Método determinístico**	
D 1	X	694739	Susceptibilidad muy Alta	1	Baja estabilidad	1
	Y	9558645				
D 2	X	693678	Susceptibilidad media	0,5	Baja inestabilidad	1
	Y	9557937				
D 3	X	693659	Susceptibilidad alta	1	Moderada inestabilidad	0,5
	Y	9558121				
D 4	X	693681	Susceptibilidad media	0,5	Baja inestabilidad	1
	Y	9558216				
Total			3		3,5	
Porcentaje de Correlación			75%		90%	

1 = Se correlaciona

0,5= Correlación intermedia

0= No se correlaciona

Fuente: La Autora, 2016

De acuerdo al cuadro anterior el porcentaje de correlación es muy variado entre los deslizamientos y los mapas de susceptibilidad

Respecto al mapa de susceptibilidad por el método heurístico la correlación del 75 % ya estos se encuentran zonificados dentro del área de estudio.

Con respecto al método determinístico la correlación es del 90% puesto que se toma en consideración parámetros geomecánicos como la cohesión efectiva, ángulo de fricción efectivo, peso específico, densidades y cargas admisibles del terreno, que fueron la base del cálculo con la que se pudo determinar de manera confiable las causas de inestabilidad.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo al estudio de Riesgo Urbano en la ciudad de Loja desarrollada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, en el 2008; establece que los barrios occidentales, entre ellos Bolonia, Plateado, Eucaliptos, presentan un riesgo a deslizamientos que va desde Muy Alto, Alto, Moderado, debido a sus condiciones geológicas (rocas sedimentarias) sumado a las precipitaciones e intensidad de lluvias hacen que aumente la posibilidad de inestabilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos el área de estudio se caracteriza por estar localizada en una zona de montaña, su topografía es regular en las cotas más bajas se encuentran las zonas de población mientras en las más altas las zonas de montaña con poca presencia de infraestructura vertical.

En cuanto a la geología se encuentra en las formaciones geológicas: Chiguinda compuesta por rocas de esquistos, cuarcitas y la formación Trigal que presenta lutitas y areniscas de grano fino.

Con los resultados del mapa por el método heurístico se pudo determinar que la mayor parte de la zona de estudio tiene una susceptibilidad media con un 42, 37%, susceptibilidad alta, 18,80% y Muy Alta 4,26%, debido a que se encuentra sobre terrenos, como limos, areniscas altamente meteorizadas, lutitas, de tal manera que sumados a la exposición con el agua aumentan las posibilidades que ocurran deslizamientos.

En cuanto al mapa por el método determinístico el área de estudio se encuentra dentro de una zona estable ya que se halla en mayor porcentaje en una zona de alta estabilidad con el 67,54% del área total, las zonas críticas son las que se encuentran dentro de una inestabilidad baja y estabilidad baja que suman un área de 19,39 ha. Lo que corresponde al 19,72%. Mediante el análisis de este método científico se analizan parámetros geomecánicos como la cohesión efectiva, ángulo de fricción efectivo, peso específico, densidades y cargas admisibles del terreno, que fueron la base del cálculo con la que se pudo determinar de manera confiable las causas de inestabilidad.

8. CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico (Mapa 1) realizado a detalle a una escala 1:4000, comprende un área total de 97,20 ha, la cota más baja 2349 m. s. n. m se ubican en la parte Este donde se encuentran zonas pobladas, mientras que las más altas están en la parte Sur – Oeste, sectores de pastos y arbustos con alturas hasta de 2603 m. s. n. m.

El Mapa de pendientes del sector (Mapa 2), caracterizado de acuerdo a la metodología expuesta por Demek (1972) clasifica a las pendientes en: ligeramente inclinadas (9,56%), fuertemente inclinadas (45,41%), escarpe (42,99%), precipicio (2,04%).

El levantamiento geológico se pudo definir que el 93.62% del sector de estudio está sobre la Formación Chiguinda, representada por limos. Esquistos, esquistos meteorizados, cuarcitas, mientras que el 6.33% corresponde a la Formación Trigal, compuesta por limos, lutitas, areniscas meteorizadas (Mapa 3). En base al perfil estratigráfico tenemos una secuencia litológica de suelos orgánicos, limos, areniscas, lutitas, como rocas sedimentarias y esquistos con cuarcitas como una base metamórfica.

De acuerdo al mapa geomorfológico (Mapa 4) se determinaron 3 unidades genéticas, 8 unidades morfológicas entre ellas tenemos: Escarpes, cuerpos en forma de herradura, coluvión, laderas cóncavas suaves, laderas cóncavas escarpadas, superficies planas a onduladas, superficies de cuestas superiores y valle coluvio aluvial.

En el mapa de Uso actual del Suelo (Mapa 5), se establecieron 8 categorías, de las cuales los pastos naturales representan un 39,20% del área total, además se encuentran cultivos, infraestructura, pastos cultivados, vegetación arbórea, suelos erosionados, vía los deslizamientos ocupan un porcentaje de 13,11%, ubicados en las partes bajas las zonas de población y cultivos y en las cotas altas áreas de pastos y vegetación arbórea.

Mediante la aplicación de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) se obtuvo como resultados la presencia de geomateriales de granulometría fina a media con un alta presencia de humedad y con resistividades que varían entre 3.87 a 148.6 Ohmios respectivamente, ubicados en lugares estratégicos 2 en la formación Chiguinda por abarcar mayor parte del área de estudio y 1 en la formación Trigal.

De acuerdo con los SPT: se obtuvo los siguientes resultados SPT1 (Formación Trigal) arena limosa (SM), grava limosa (GM), arcilla de alta plasticidad (CH1), arena arcillosa (SM), SPT 2 (Formación Chiguinda) arcilla orgánica de alta plasticidad (CH), arcilla de alta plasticidad con arena (CH), grava arcillosa de compacidad medianamente densa, estos fueron ubicados en lugares estratégicos de acuerdo a las formaciones presentes en el área de estudio.

En el área de estudio se determinó 4 deslizamientos, cuyos factores de seguridad en seco son estables, mientras que en condiciones de saturado son en su totalidad inestables y necesitan medidas de estabilización. Los deslizamientos se generan casi en su totalidad por efecto del agua, en terrenos arcillosos con pendientes elevadas.

Para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos se empleó el método heurístico y determinístico, para lo cual en el método heurístico se asignaron pesos referentes a cada uno de los factores, en un rango de 1 a 5, de acuerdo a su importancia; mientras que para el método determinístico se asignaron valores de calibración reales tomados a partir del estudio de SPT (Ensayo de Penetración Estándar).

El mapa de susceptibilidad del sector de estudio obtenido por el método heurístico muestra que el 7,78 % del sector tiene susceptibilidad Muy Baja, el 26,54 % susceptibilidad Baja, el 42,37% susceptibilidad Moderada, el 18,8% susceptibilidad Alta y el 4,26 % tiene susceptibilidad Muy Alta, las zonas de mayor preocupación son las susceptibilidad alta y muy alta que se encuentran en las zonas de deslizamientos, cera de la vía Villonaco.

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos obtenido mediante el método determinístico nos indica que el 67,70% posee una estabilidad alta, el 13,42% una estabilidad media, el 9,56% una estabilidad baja y el 10,16% una inestabilidad baja, el área de estudio se encuentra en su mayoría dentro de una estabilidad alta, las zonas de inestabilidad baja se encuentra en los deslizamientos y cerca de la vía antigua a Catamayo que tiene pendientes escarpadas.

9. RECOMENDACIONES

En el deslizamiento uno el cual se ubica en las coordenadas UTM WGS84 (X=694739; Y=9558645), se recomienda evacuar las aguas superficiales y subterráneas, mediante la implementación de cunetas de coronación, zanjas, drenes superficiales y subterráneos; para aumentar el factor de seguridad y disminuir la susceptibilidad en la vía y en las zonas de influencia.

Para los deslizamientos dos, tres y cuatro ubicados en la parte nor – oeste del área de estudio, en zonas de pastos y vegetación arbórea, sin existir asentamientos humanos, como medidas de estabilización y control se recomienda la construcción de cunetas de coronación y utilización de geomembranas, para evitar daños en la vía.

En las zonas de baja inestabilidad, en las que actualmente existen viviendas, se debe realizar una evaluación integral del terreno (geofísica, geología, geotecnia, civil), para evitar daños en las mismas y en las personas que las habitan.

Las áreas identificadas como áreas de Muy alta, Alta, susceptibilidad se deben implementar códigos de restricción que señalen que no son aptas para urbanizar.

Continuar el estudio geotécnico realizando más sondeos eléctricos verticales y ensayos de penetración estándar, para determinar la capacidad portante del suelo debido a que estos sectores se encuentran en vías de desarrollo urbanístico.

10. BIBLIOGRAFÍA

AYALA CARCEDO Francisco. (2006). "Manual de Ingeniería de Taludes". Instituto Geológico y Minero de España. España.

AYALA, C. (2002). "Riesgos Naturales". Editora Ariel Ciencia S.A. Barcelona – España.

BARREDO J, HERVAS J. (2001), "Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG teledetección y métodos de evaluación multicriterio, aplicación al barranco de Tirajana (Gran Canaria)". Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables.

CORNELIS, K., & CORNELIUS, H. (1997). "Manual de Mineralogía." Barcelona: Reverte.

COROMINAS, J. y GARCÍA Yagüe, A. (1997). "Terminología de los movimientos de ladera". V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3.

CORRAL, I. (2001). "Topografía de Obras". Catalunya: Upc Ediciones Upc.

CROZIER, M. (1986) "Los deslizamientos de tierra. Causas, consecuencias y medio ambiente". Ed. Routledge. Londres y Nueva York.

CRUDEN, D. & VARNES, D. (1996) "Tipos y procesos de deslizamientos de tierra ". En: Turner, K., y Schuster, R. edición, Deslizamientos investigación y mitigación: Washington DC, USA. Informe Especial 247.

CUEVA, J. (2012). "Elaboración y Análisis del Estado de la Cobertura Vegetal de la Provincia de Loja-Ecuador". Ecuador: Universidad Internacional de Andalucía.

DOMÍNGUEZ A. (1979) "Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos". Editorial McGraw - Hill. Sao Paulo.

ESCOBAR D. (2013). "Manual de geología para Ingenieros". Geomorfología. Universidad de Colombia.

GARCÍA, F. (2003). "Curso Básico de Topografía: Planimetría, Agrimensura, Altimetría". México: Pax México.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., & ORTUÑO, L. (2002). "Ingeniería geológica". Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

GUAMÁN G. (2008). Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja. Ilustre Municipio de Loja. Ecuador.

HUTCHINSON, J. (1988): "General report. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to Geology and Hydrogeology". In Bonnard, C. (ed.), Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, vol. l.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. (2012). Base Nacional. Ecuador: Escala 1:50.000.

IRONDO, M. (2007). "Introducción a la Geología". Paraná: Editorial Brujas.

JANSSEN y HERWIJNEN Van, (1994). "Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango". Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas

LÓPEZ J. M. (2000). "Geología aplicada a la ingeniería civil". Ed. Ciedossat 2000. Madrid.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA (MIDUVI) (1996), "Norma Ecuatoriana de Construcción, Parte 3, Cargas y Materiales"

PALADINES A, & SOTO J, 2010 "Geología y Yacimientos Minerales del Ecuador".

SANTAMARÍA, J., & SANZ, T. (2005). "Manual de Prácticas de Topografía y Cartografía". Logroño: Universidad de la Rioja Servicio de Publicaciones.

SARKAR, S., KANUNGO, D.P. (2004) "An integrated approach for landslie susceptibility mapping using remote sensing and GIS". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,

SUÁREZ J. (2009) "Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico" Primera edición. Bucaramanga – Colombia

TAMAY J. (2004). "Mapa Geológico Preliminar De La Hoya De Loja". Universidad Técnica Particular de Loja.

TAMBO, Walter; "ESTUDIO DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DEL NORTE DE LA CIUDAD DE LOJA, PROVINCIA DE LOJA, ECUADOR"; Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, 2011, La Habana – Cuba.

TARBUCK, E., & LUTGENS, F. (2005). Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física. Madrid: PEARSON PRENTICE HALL.

TELFORD W., GELDART L., SCRERIFF R., and KEYS D. (1976). "Applied Geophysics". Cambridge University. England.

TERZAGHI, K. (1950). "Mechanisms of landslides". Geol. Soc. Am., Berkeley. CA. SA Volumen 1.

THORNBURY, W. (1960). Principios de Geomorfología. Buenos Aires: Kapelusz.

VARNES, D. (1984). "Landslide hazard zonation", A Review of principles and practice. UNESCO Press. Paris. France.

WESTEN V. (1993)."Use of weights of evidence modeling for landslide susceptibility mapping".

WESTEN V. (2002)."Application of geographic information system to landslide hazard zonation".

11. ANEXOS

ANEXO 1. Fichas de afloramientos

ANEXO 2. Fichas Geomorfológicas y de cobertura vegetal

ANEXO 3. Fichas de deslizamientos

ANEXO 4. Mapa Topográfico

ANEXO 5. Mapa de Pendientes

ANEXO 6. Mapa Geológico.

ANEXO 7. Mapa Geomorfológico

ANEXO 8. Mapa Uso Actual de Suelo

ANEXO 9. Mapa de Ubicación SEV Y SPT

ANEXO 10. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el Método Heurístico.

ANEXO 11. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el Método Determinístico.

ANEXO 12. Datos de campo de Sondeos Eléctricos Verticales

ANEXO 13. Ensayos de Penetración Estándar

ANEXO 1. Fichas de afloramientos

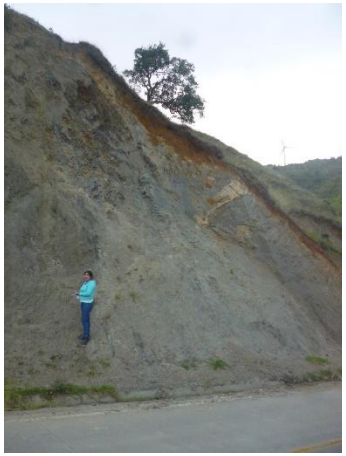
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	1		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	694012	
	Y	9557720	
Rumbo	-------		
Buzamiento	--------		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles	X	**Descripción:**
	No vegetada		Talud artificial, 30cm de cobertura vegetal, 80cm de esquisto fragmentado con una matriz limo arcillosa de coloración café, los esquistos tienen una dimensión de 5cm.
	Pastos		
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	2		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	694021	
	Y	9558030	
Rumbo	-------		
Buzamiento	--------		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo	X	
	Medio		
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		**Descripción:** Rocas metamórficas aflorando a superficie, como se denota en la imagen un esquisto de coloración gris a grisáceo desprendida de las partes altas. Las dimensiones son de 1m x 50cm, en esta roca metamórfica se puede observar la presencia de micro vetillas de cuarzo.
	No vegetada		
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana	X	
	Inclinada		
	Empinada		

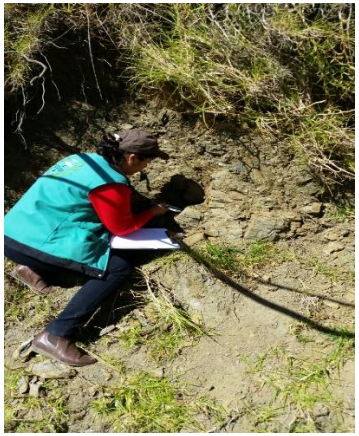
PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	3		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	693788	
	Y	9558022	
Rumbo	-------		
Buzamiento	--------		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo	X	
	Medio		
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles	X	Descripción: está constituida por esquistos en mayor parte con intercalaciones de cuarcitas, con vetillas de cuarzo
	No vegetada		
	Pastos		
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	4		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	693707	
	Y	9557981	
Rumbo	N 55° E		
Buzamiento	24° NW		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio		
	Alto	X	
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción:
	No vegetada		Constituido principalmente por esquisto y en menores cantidades de cuarcitas, además se puede evidenciar la presencia de carcavas producto de la meteorización física del agua, el perfil del afloramiento no es muy visible debido a que está cubierto por material erosionado.
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	5		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	693670	
	Y	9558072	
Rumbo	N 82° E		
Buzamiento	46° SE		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción: Esquisto meteorizado en la parte occidental del área de estudio, con matriz limo arcillosa suelta de color que va desde café claro hasta café muy oscuro. La capa de material orgánico es muy fina con poca presencia de vegetación, debido a los procesos de meteorización y erosión de la roca.
	No vegetada		
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	6		**Fotografía** 
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	693817	
	Y	9558509	
Rumbo	N 75° E		
Buzamiento	35° SE		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio		
	Alto	X	
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción: Afloramiento de tipo antrópico en el que encontramos, la presencia de un suelo oxidado por su coloración rojiza, además de la presencia de cuarcitas compuesta minerales de cuarzo, y en pequeñas cantidades de moscovita, unida a un matriz limo arcilloso. En este afloramiento se puede denotar la transición de un esquisto y cuarcita a esquisto muy meteorizado con alta presencia de limos.
	No vegetada		
	Pastos	X	
	Cultivos		
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada		
	Empinada	X	

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	7		**Fotografía**
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	694795	
	Y	9558691	
Rumbo	N 35° E		
Buzamiento	12° SE		
Formación	Trigal		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción:
	No vegetada		Lutitas estratificadas, con presencia de oxidación, es un talud antrópico.
	Pastos		
	Cultivos	X	
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada	X	
	Empinada		

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	8		**Fotografía** 
Fecha	26 de junio de 2016		
Coordenadas	X	694819	
	Y	9558740	
Rumbo	N 15° W		
Buzamiento	43° NE		
Formación	Chiguinda		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio		
	Alto	X	
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción: De tipo antrópico, en el que se pueden evidenciar esquistos altamente meteorizados con presencia de arcillas limosas.
	No vegetada		
	Pastos		
	Cultivos	X	
	Residencial		
Pendiente	Plana		
	Inclinada	X	
	Empinada		

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS AV. VILLONACO			
Afloramiento	9		**Fotografía**
Fecha	26 junio 2016		
Coordenadas	X	694669	
	Y	9558577	
Rumbo	N 25° W		
Buzamiento	48° NE		
Formación	Chiguinda y Trigal		
Grado de meteorización	Bajo		
	Medio	X	
	Alto		
Uso de terreno:	Arbustos y arboles		Descripción:
	No vegetada		Talud de tipo antrópico con alta presencia de vegetación, en este se puede diferenciar el contacto entre la formación Chiguinda (Esquistos), y la Formación Trigal (Arenas, lutitas, limos y arcillas)
	Pastos		
	Cultivos		
	Residencial	X	
Pendiente	Plana		
	Inclinada	X	
	Empinada		

ANEXO 2. Fichas Geomorfológicas y de cobertura vegetal

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	1	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	694012				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9557720				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2406	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**		**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**			
Aguda	X	**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**	X	Se puede observar la presencia de cultivos además de presencia de pastos árboles con lo que se puede decir que es mixta.			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**	X						
Redondeada		**Rectilínea**		**En V**	X	**Media a fuerte 25 a 40%**	X	**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**					
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular	X			**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	**Foto esquema**
En este punto se observa la posibilidad de plantaciones agrícolas de ciclo corto.	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	2	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	694021				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558030				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2412	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	**X**	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	**X**	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**	**X**			**Cultivo anual**			
Aguda		**Cóncava**	**X**	**En U**		**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**	**X**	Se puede observar la presencia de árboles además de la presencia de pastos			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**	**X**	**25 a 50m**							
Redondeada	**X**	**Rectilínea**		**En V**	**X**	**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**					
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular				**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	Foto esquema

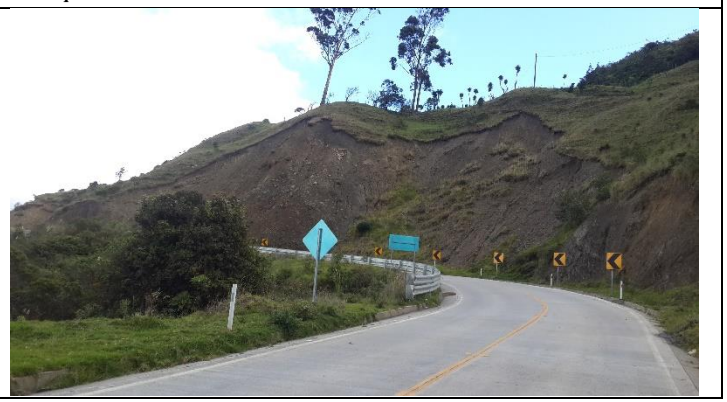
UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	3	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	693788				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558022				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2508	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**		**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**	X	**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**			
Aguda	X	**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**		En este se puede observar la presencia de gran cantidad de árboles, además de la presencia de arbustos y cultivos.			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**							
Redondeada		**Rectilínea**		**En V**	X	**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**	X	**Mod. Larga 50 a 250m**	X				
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular	X			**Muy fuerte 70 a 100%**	X	**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	Foto esquema

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	4	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	693707				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9557981				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2540	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	X	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**			
Aguda	X	**Cóncava**		**En U**	X	**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**	X	Se puede observar la presencia de árboles además de la presencia de pastos.			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**	X						
Redondeada		**Rectilínea**		**En V**		**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**					
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular	X			**Muy fuerte 70 a 100%**	X	**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	**Foto esquema**
	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	5	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	693670				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558072				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2531	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	**X**	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	**X**	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**			
Aguda		**Cóncava**	**X**	**En U**	**X**	**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**		Presencia de árboles arbustos y pastos además de pocos asentamientos de infraestructuras (Viviendas)			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**							
Redondeada	**X**	**Rectilínea**		**En V**		**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**	**X**	**Mod. Larga 50 a 250m**	**X**				
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular				**Muy fuerte 70 a 100%**	**X**	**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	Foto esquema
Cerca de este encontramos la presencia de una quebrada. Además de cultivos de ciclo corto.	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	6	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	693817				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558509				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2473	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	X	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**	X	**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**	X			**Cultivo anual**	X		
Aguda		**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**	X	**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**		Aquí encontramos la presencia en su mayoría de cultivos así también de viviendas y árboles en menores cantidades.			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**							
Redondeada		**Rectilínea**	X	**En V**		**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**					
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular				**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana	X			**Plano**	X	**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	Foto esquema
No se encuentra la presencia de alguna quebrada.	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	7	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	694795				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558691				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2356	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	X	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**	X		
Aguda		**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**	X	**15 a 25m**	X	**Corta , 15 a 50m**	X	Se puede observar la presencia de cultivos, además de árboles e infraestructura.			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**							
Redondeada		**Rectilínea**	X	**En V**		**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**					
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular				**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana	X			**Plano**	X	**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	**Foto esquema**
No se observa la presencia de alguna quebrada o presencia de agua cercana.	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	8	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	694819				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558740				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2352	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA														COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**											
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**				**Arbórea**		**Cultivo semipermanente**	
Morfología														**Arbustiva**	X	**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**	X			**Herbácea**		**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**						**Cultivo anual**	X		
Aguda		**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**	X	**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**		**Adicional a esto podemos encontrar infraestructura, tanto vertical como horizontal**					
		Convexa				**Media de 12 a 25%**		**25 a 50m**	X								
Redondeada	X	**Rectilínea**	X	**En V**		**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**		**Mod. Larga 50 a 250m**							
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**									
		Irregular				**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**							
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**									
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**							
						Abrupta > a 200%											

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	Foto esquema
En este no se encuentra la presencia de agua.	

UBICACIÓN				REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN			
División político administrativa		**Localización(UTM, WGS84 ZONA 17 SUR)**		**Código**	9	**Grupo**	
Provincia	Loja	**Coord. X**	694669				
Cantón	Loja	**Coord. Y**	9558577				
Parroquia	Sucre	**Altitud**	2353	**Fecha de descripción**	5 de julio 2016	**Posición del observador**	
Sector	Eucaliptos						

GEOMORFOLOGÍA												COBERTURA VEGETAL			
Unidad ambiental		**Unidad geomorfológica**				**Morfometria**									
						Pendiente		**Desnivel relativo**		**Longitud de vertiente**		**Arbórea**	X	**Cultivo semipermanente**	
Morfología												**Arbustiva**		**Cultivo permanente**	
Forma de cima		**Forma de vertiente**		**Forma de valle**		**Plana de 0a 2%**		**0 a 5m**		**Muy corta < a 15m**		**Herbácea**	X	**Eriales**	
						Muy suave de 2 a 5%		**5 a 15m**				**Cultivo anual**			
Aguda	X	**Cóncava**		**En U**		**Suave de 5 a 12%**		**15 a 25m**		**Corta , 15 a 50m**		**Aquí podemos identificar la presencia de un deslizamiento.**			
		Convexa				**Media de 12 a 25%**	X	**25 a 50m**							
Redondeada		**Rectilínea**		**En V**	X	**Media a fuerte 25 a 40%**		**50 a 100m**	X	**Mod. Larga 50 a 250m**	X				
						Fuerte 40 a 70%		**100 a 200m**							
		Irregular	X			**Muy fuerte 70 a 100%**		**200 a 300m**		**Larga 250 a 500m**					
Plana				**Plano**		**Escarpada 100 a 150%**		**> 300m**							
		Mixta				**Muy escarpada 150 a 200%**				**Muy larga > a 500m**					
						Abrupta > a 200%									

Otros aspectos (Situacion hídrica, posibilidades agrícolas, déficit vial, etc.)	**Foto esquema**
En este se encuentran viviendas, además la presencia de ojos de agua en el escarpe del deslazamiento**.**	

ANEXO 3. Fichas de deslizamientos

1.-DATOS GENERALES										
Proyecto:		**Movimiento Nº: 1**		**Nombre:**		**Sector:** Eucaliptos		**Fecha:**29-07-16		**Coordenadas:**
2.- TALUD		**Forma de la ladera**		**Uso del terreno**						**X=694739 Y=9558645**
Altura	300m	No aplicable		Arbustos y arboles		Arboles		Industrial		
Dirección	N27°W	Recta		No vegetado		Cultivos bajos	X	Vía presente	X	
Ángulo	12	Cóncava	X	Pastos	X	Cultivos arbust.				
		Convexa		Arbustos		Residencial	X			

3.- Características del Movimiento en Masa													
Longitud		**Secuencia de repetición**								**Características del movimiento**			
Ancho		Progresivo		Ampliándose	X	Confinado				No es claro		Reptación	
		Retrogresivo		Alargándose		Disminuyendo				Deslizamiento	X	Erosión laminar	
3.1.-Velocidad del movimiento				**Actividad**						Flujo		Erosión concent	
Extremad. rápido		Moderado		Activo	X	Dormido	**Estilo**						
Muy lento		Rápido		Reactivo		Abandonado	Complejo	X	Múltiple				
Lento	X	Muy rápido		Suspendido		Estabilizado	Compuesto		Sencillo				
				Inactivo		Relicto							

3.2.- Estado del Escarpe		**Área del Escarpe**		**Forma del escarpe**		**Vegetación del escarpe**			
No es aplicable		No aplicable		No aplicable		No aplicable		Rastrojo	
Escarpe evidente	X	Pequeña (>200m2)	X	Semicircular	X	No vegetada		Arbustos	X
Escarpe vago		Mediana (200- 500m2)		Elongado		Vegetación escasa		Arboles	
		Grande(>500m2)							

3.5.-Daño		**Estabilización**		**ESQUEMA**
No visible o inferido		No visible	X	
Carretera principal		Canales de coronación y entregas		
Carretera local		Drenes		
Cultivos	X	Terraceo o bancas		
Áreas de pasto	X	Muros de contención		
Zonas arbóreas		Homogenización de la superficie		
Granjas o fincas		Trinchos o presas de gaviones		
Áreas residenciales	X	Muros en gaviones		
Áreas industriales		Reforestación		
		Otros		

1.-DATOS GENERALES											
Proyecto:		**Movimiento Nº: 2**		**Nombre:**		**Sector:** Eucaliptos		**Fecha:**29-07-16		**Coordenadas:**	
2.- TALUD		**Forma de la ladera**		**Uso del terreno**						**X=693678 Y=9557937**	
Altura	15m	No aplicable		Arbustos y arboles	X	Arboles		Industrial			
Dirección	N55°W	Recta		No vegetado		Cultivos bajos	X	Vía presente	X		
Ángulo	35	Cóncava	X	Pastos	X	Cultivos arbust.					
		Convexa		Arbustos		Residencial					

3.- Características del Movimiento en Masa											
Longitud		**Secuencia de repetición**						**Características del movimiento**			
Ancho		Progresivo	X	Ampliándose		Confinado		No es claro		Reptación	
		Retrogresivo		Alargándose		Disminuyendo		Deslizamiento	X	Erosión laminar	
3.1.-Velocidad del movimiento				**Actividad**				Flujo		Erosión concent	
Extremad. rápido		Moderado		Activo	X	Dormido	**Estilo**				
Muy lento	X	Rápido		Reactivo		Abandonado	Complejo	X	Múltiple		
Lento		Muy rápido		Suspendido		Estabilizado	Compuesto		Sencillo		
				Inactivo		Relicto					

3.2.- Estado del Escarpe		**Área del Escarpe**		**Forma del escarpe**		**Vegetación del escarpe**			
No es aplicable		No aplicable		No aplicable		No aplicable		Rastrojo	
Escarpe evidente	X	Pequeña (>200m2)	X	Semicircular	X	No vegetada		Arbustos	X
Escarpe vago		Mediana (200- 500m2)		Elongado		Vegetación escasa		Arboles	
		Grande(>500m2)							

3.5.-Daño		**Estabilización**		**ESQUEMA**
No visible o inferido		No visible	X	
Carretera principal	X	Canales de coronación y entregas		
Carretera local		Drenes		
Cultivos		Terraceo o bancas		
Áreas de pasto	X	Muros de contención		
Zonas arbóreas	X	Homogenización de la superficie		
Granjas o fincas		Trinchos o presas de gaviones		
Áreas residenciales		Muros en gaviones		
Áreas industriales		Reforestación		
		Otros		

1.-DATOS GENERALES											
Proyecto:		**Movimiento Nº: 3**		**Nombre:**		**Sector:** Eucaliptos		**Fecha:**29-07-16		**Coordenadas:**	
2.- TALUD		**Forma de la ladera**		**Uso del terreno**						**X=693659 Y=9558121**	
Altura	20m	No aplicable		Arbustos y arboles		Arboles		Industrial			
Dirección	N40°W	Recta		No vegetado		Cultivos bajos	X	Vía presente	X		
Ángulo	50	Cóncava	X	Pastos	X	Cultivos arbust.					
		Convexa		Arbustos		Residencial	X				

3.- Características del Movimiento en Masa													
Longitud		**Secuencia de repetición**								**Características del movimiento**			
Ancho		Progresivo		Ampliándose		Confinado				No es claro		Reptación	
		Retrogresivo		Alargándose	X	Disminuyendo				Deslizamiento	X	Erosión laminar	
3.1.-Velocidad del movimiento				**Actividad**						Flujo		Erosión concent	
Extremad. Rápido		Moderado		Activo	X	Dormido	**Estilo**						
Muy lento		Rápido		Reactivo		Abandonado	Complejo		X	Múltiple			
Lento	X	Muy rápido		Suspendido		Estabilizado	Compuesto			Sencillo			
				Inactivo		Relicto							

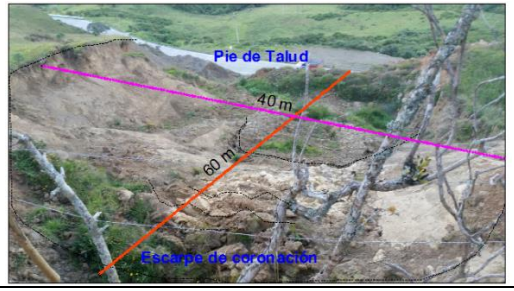
3.2.- Estado del Escarpe		**Área del Escarpe**		**Forma del escarpe**		**Vegetación del escarpe**			
No es aplicable		No aplicable		No aplicable		No aplicable		Rastrojo	
Escarpe evidente	X	Pequeña (>200m2)	X	Semicircular	X	No vegetada		Arbustos	
Escarpe vago		Mediana (200- 500m2)		Elongado		Vegetación escasa	X	Arboles	
		Grande(>500m2)							

3.5.-Daño		**Estabilización**		**ESQUEMA**
No visible o inferido		No visible	X	
Carretera principal	X	Canales de coronación y entregas		
Carretera local		Drenes		
Cultivos		Terraceo o bancas		
Áreas de pasto	X	Muros de contención		
Zonas arbóreas		Homogenización de la superficie		
Granjas o fincas		Trinchos o presas de gaviones		
Áreas residenciales		Muros en gaviones		
Áreas industriales		Reforestación		
		Otros		

1.-DATOS GENERALES										
Proyecto:		**Movimiento Nº: 4**		**Nombre:**		**Sector:** Eucaliptos		**Fecha:**29-07-16		**Coordenadas:**
2.- TALUD		**Forma de la ladera**		**Uso del terreno**						**X=693681 Y=9558216**
Altura	60m	No aplicable		Arbustos y arboles		Arboles		Industrial		
Dirección	N32°W	Recta		No vegetado		Cultivos bajos	X	Vía presente	X	
Ángulo	55	Cóncava	X	Pastos	X	Cultivos arbust.				
		Convexa		Arbustos		Residencial	X			

3.- Características del Movimiento en Masa											
Longitud	60	**Secuencia de repetición**						**Características del movimiento**			
Ancho	40	Progresivo		Ampliándose	X	Confinado		No es claro		Reptación	
		Retrogresivo		Alargándose		Disminuyendo		Deslizamiento	X	Erosión laminar	
3.1.-Velocidad del movimiento				**Actividad**				Flujo		Erosión concent	
Extremad. rápido		Moderado		Activo	X	Dormido	**Estilo**				
Muy lento		Rápido		Reactivo		Abandonado	Complejo	X	Múltiple		
Lento	X	Muy rápido		Suspendido		Estabilizado	Compuesto		Sencillo		
				Inactivo		Relicto					

3.2.- Estado del Escarpe		**Área del Escarpe**		**Forma del escarpe**		**Vegetación del escarpe**			
No es aplicable		No aplicable		No aplicable		No aplicable		Rastrojo	
Escarpe evidente	X	Pequeña (>200m2)	X	Semicircular	X	No vegetada		Arbustos	
Escarpe vago		Mediana (200- 500m2)		Elongado		Vegetación escasa	X	Arboles	
		Grande(>500m2)							

3.5.-Daño		**Estabilización**		**ESQUEMA**
No visible o inferido		No visible		
Carretera principal	X	Canales de coronación y entregas		
Carretera local		Drenes		
Cultivos		Terraceo o bancas	X	
Áreas de pasto	X	Muros de contención		
Zonas arbóreas		Homogenización de la superficie		
Granjas o fincas		Trinchos o presas de gaviones		
Áreas residenciales	X	Muros en gaviones		
Áreas industriales		Reforestación		
		Otros		

ANEXO 4. Mapa Topográfico

ANEXO 5. Mapa de Pendientes

ANEXO 6. Mapa Geológico.

ANEXO 7. Mapa Geomorfológico

ANEXO 8. Mapa Uso Actual de Suelo

ANEXO 9. Mapa de Ubicación SEV Y SPT

ANEXO 10. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el Método Heurístico.

ANEXO 11. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el Método Determinístico.

ANEXO 12. Datos de campo de Sondeos Eléctricos Verticales

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

SOLICITADO: Sra. Andrea Lapo — SECTOR: Los Eucaliptos

REALIZADO: Ing. Ovidio Castillo J. — S.E.V.: 1

N°	AB/2	MN	Ca (Ohm.m)	k	V/I
1	1	1	132,05	2,4	55,02
2	1,5	1	91,10	6,28	14,506
3	2	1	91,45	11,78	7,7629
4	2,5	1	87,47	18,85	4,6404
5	2,5	2	79,86	8,25	9,6796
6	3	1	80,52	27,5	2,9281
7	3	2	72,60	12,6	5,7616
8	5	2	31,10	37,7	0,82488
9	7	2	15,51	75,4	0,20575
10	10	2	14,61	155,5	0,093975
11	10	5	13,36	58,9	0,22681
12	15	2	15,79	351,9	0,04488
13	15	5	13,93	137,4	0,10138
14	20	5	14,51	247,4	0,058669
15	20	20	13,31	47,1	0,28254
16	30	5	14,86	561,6	0,026467
17	30	20	14,21	125,7	0,11301
18	40	20	13,78	235,6	0,058478
19	50	20	13,99	377	0,03711
20	70	20	11,5	754	0,015211
21	100	20		1555,1	
22	150	20		3518,6	
23	200	20		6267,5	

ESTE	694708
NORTE	9558607
ELEVACIÓN	
AZIMUT	40
ABSCISA	

Ing. Ovidio Castillo J.
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

Email: estsuelcon@gmail.com - Tel: 0972613899 / 0990682335 /0980253188

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS

SOLICITADO: Sra. Andrea Lapo **SECTOR:** Los Eucaliptos

REALIZADO: Ing. Ovidio Carillo **SEV:** 2

N	AB/2		Ca (Ohm.m)	K	V/I
1	1	1	2,7700	2,4	32,69
2	1,5	1	0,6210	6,28	30,74
3	2	1	0,2980	11,78	33,47
4	2,5	1	0,1803	18,85	36,11
5	2,5	2	0,8800	8,25	41,45
6	3	1	0,5330	27,5	40,19
7	3	2	0,4270	12,6	46,93
8	5	2	0,3210	37,7	48,40
9	7	2	0,2520	75,4	49,87
10	10	2	0,1967	155,5	49,43
11	10	5	0,1632	58,9	50,76
12	15	2	0,1312	351,9	63,99
13	15	5	0,1059	137,4	74,52
14	20	5	0,2030	247,4	70,46
15	20	20	0,1859	47,1	88,27
16	30	5	0,1515	561,6	94,23
17	30	20	0,1363	125,7	107,54
18	40	20	0,1190	235,6	116,08
19	50	20	0,0894	377	125,82
20	70	20	0,0762	754	146,14
21	100	20	0,1626	1555,1	154,39
22	150	20	0,1260	3516,6	156,76
23	200	20	0,0944	6267,5	184,15

ESTE	694372
NORTE	9558737
ELEVACIÓN	
AZIMUT	40
ABSCIZA	

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS

SOLICITADO: Sra. Andrea Lapo **SECTOR:** Los Eucaliptos

REALIZADO: Ing. Ovidio Castillo **SEV:** 3

N	AB/2	M/N	Ca (Ohm.m)	K	V/I
1	1	1	2,7700	2,4	37,17
2	1,5	1	0,8210	6,28	29,80
3	2	1	0,2980	11,78	27,85
4	2,5	1	0,1603	18,85	27,64
5	2,5	2	0,8800	6,28	33,96
6	3	1	0,5330	27,6	31,29
7	3	2	0,4270	12,6	30,66
8	5	2	0,3210	37,7	32,42
9	7	2	0,2520	75,4	34,79
10	10	2	0,1967	155,5	35,46
11	10	5	0,1632	58,9	36,28
12	15	2	0,1312	351,9	38,48
13	15	5	0,1059	137,4	45,53
14	20	5	0,2030	247,4	45,75
15	20	20	0,1859	47,1	47,20
16	30	5	0,1515	561,6	50,82
17	30	20	0,1353	125,7	52,63
18	40	20	0,1190	235,6	52,97
19	50	20	0,0894	377	52,50
20	70	20	0,0752	754	55,62
21	100	20	0,1626	1555,1	52,60
22	150	20	0,1260	3518,6	37,17
23	200	20	0,0944	6267,5	29,80

ESTE	693607
NORTE	9557970
ELEVACIÓN	
AZIMUT	60
ABSCIZA	

ANEXO 13. Ensayos de Penetración Estándar

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOS EUCALIPTOS - LOJA POZO: 1
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V PROFUND.: 1,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		42,08	38,26	27,30	34,85	
		42,68	38,13	24,84	34,24	34,55
2.- LIM. LIQUIDO	33	34,53	31,26	25,46	56,38	
	29	36,76	34,79	31,37	57,60	
	23	31,35	28,63	24,09	59,91	
	17	33,31	30,28	25,47	62,99	59,11
3.- LIMITE PLASTICO		31,64	30,49	26,74	30,67	
		30,38	29,15	25,15	30,75	30,71

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 88,6 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 65,9

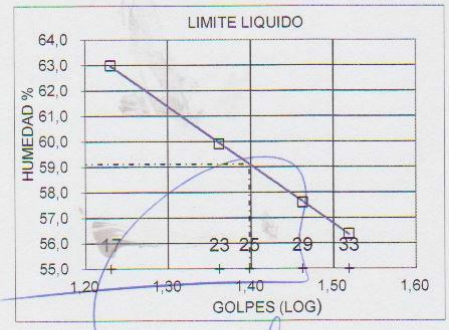
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	2,79	4,2	96
No. 10	5,45	12,5	87
No. 40	19,10	41,5	58
No. 200	10,42	57,3	43
COLOR=	CAFÉ CLARO		

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 4 %
ARENA= 53 %
FINOS= 43 %

LL = 59,00 %
LP = 31,00 %
IP = 28,00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SM
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 7
IG(45)= 7



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY.: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
UBIC.: LOS EUCALIPTOS - LOJA — POZO: 1
FECHA: JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V. — PROFUND.: 2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1 - CONTENIDO HUMEDAD		45,59	41,38	28,89	33,71	
		42,98	39,19	28,05	34,02	33,86
2 - LIM. LIQUIDO	34	32,24	30,45	27,21	55,25	
	28	35,20	32,35	27,32	56,66	
	23	29,67	28,04	25,24	58,21	
	16	33,37	31,21	27,61	60,00	57,36
3 - LIMITE PLASTICO		31,56	30,54	27,18	30,36	
		31,78	30,71	27,20	30,48	30,42

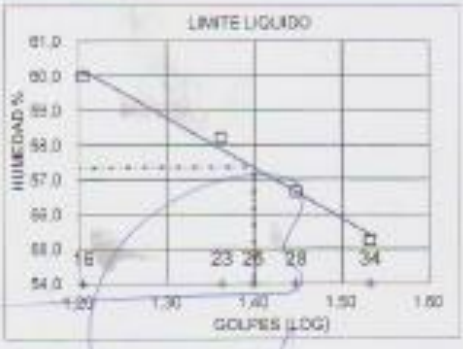
4 - GRANULOMETRIA

PESO IN= 104,4 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO 78,0

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	18,15	23,3	77
3/8"	6,16	31,2	69
No. 4	6,28	39,2	61
No. 10	5,78	46,6	53
No. 40	9,43	58,7	41
No. 200	7,96	68,9	31
COLOR=	CAFÉ CLARO		

5 - CLASIFICACION -

GRAVA=	39 %
ARENA=	30 %
FINOS=	31 %
LL =	57,00 %
LP =	30,00 %
IP =	27,00 %
CLASIFICACION	
SUCS =	GM
AASHTO=	A-2-7
IG(86)=	3
IG(45)=	3



Ing. Orlando Capilla Jaramillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 0988830841-0990992535-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY.: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
LIBIC.: LOS EUCALIPTOS - LOJA — POZO: 1
FECHA: JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		38.11	34.85	27.30	43.56	
		45.81	38.13	24.84	42.74	43.15
2.- LIM. LIQUIDO	35	36.47	32.65	27.30	71.40	
	28	35.69	32.71	28.64	73.22	
	21	37.30	33.18	27.73	75.60	
	18	35.83	32.10	27.24	76.75	74.15
3.- LIMITE PLASTICO		30.30	29.13	25.04	28.61	
		34.20	32.74	27.67	28.80	28.70

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 118.1 (R/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 82.5

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.0	100
1"	0.00	0.0	100
3/4"	0.00	0.0	100
1/2"	0.00	0.0	100
3/8"	0.00	0.0	100
No. 4	2.01	2.4	98
No. 10	6.52	10.3	90
No. 40	16.60	30.5	70
No. 200	10.87	43.6	56

COLOR.= CAFE CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	2 %
ARENA=	41 %
FINOS=	56 %
LL =	74.00 %
LP =	29.00 %
IP =	45.00 %
CLASIFICACION	
SUCS =	CH
AASHTO=	A-7-6
IG(86)=	22
IG(45)=	14

Ing. Cristian Carrillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 0938[illegible]061-0996923[illegible]-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY.: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
UBIC.: LOS EUCALIPTOS - LOJA — POZO: 1
FECHA: JUNIO - 2016 — OPERADOR: O V — PROFUND: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	%	RESULTADO
1 - CONTENIDO HUMEDAD		39,15	36,48	25,26	23,89	
		37,89	35,86	27,21	23,47	23,63
2 - LIM. LIQUIDO	34	31,00	29,35	25,41	41,88	
	28	32,37	30,20	25,26	43,93	
	21	33,36	31,43	27,21	45,73	
	17	29,92	28,33	25,06	48,62	44,72
3 - LIMITE PLASTICO		30,60	29,91	27,06	24,21	
		31,57	30,46	25,97	24,72	24,47

4 - GRANULOMETRIA

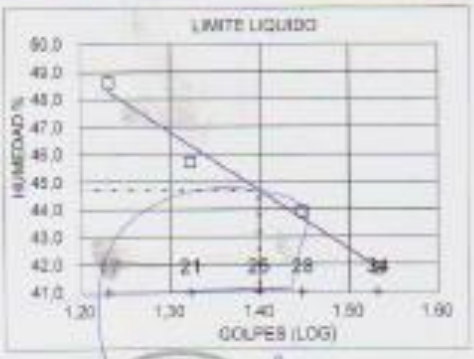
PESO IN= 100,2 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO 81,0

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,01	1,2	99
No. 10	3,14	5,1	95
No. 40	27,67	39,3	61
No. 200	17,33	60,7	39

COLOR= GRIS

5 - CLASIFICACION.-

GRAVA=	1 %
ARENA=	59 %
FINOS=	39 %
LL =	45,00 %
LP =	24,00 %
IP =	21,00 %
CLASIFICACION	
SUCS =	SC
AASHTO=	A-7-6
IG(86)=	4
IG(45)=	4



Ing. Orestes Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 0985[illegible]2535-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY.: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
UBIC.: LOS EUCALIPTOS - LOJA — POZO: 1
FECHA: JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 3,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1 - CONTENIDO HUMEDIAD		38,26	36,02	27,55	26,45	
		42,09	39,09	27,61	26,13	26,29
2 - LIM. LIQUIDO	35	35,98	33,06	27,10	42,28	
	29	37,38	34,39	27,64	44,30	
	22	37,97	34,55	27,19	46,47	
	17	36,74	33,71	27,53	49,03	45,45
3 - LIMITE PLASTICO		31,67	30,55	25,90	24,09	
		27,82	27,16	24,26	23,57	23,83

4.- GRANULOMETRIA

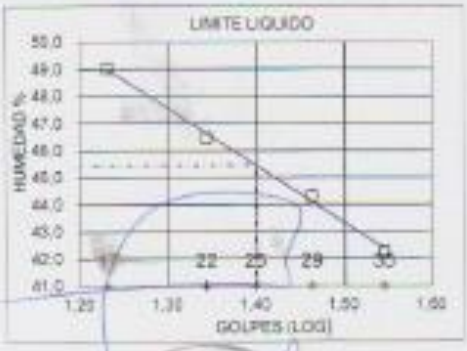
PESO IN= 118,3 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO 93,6

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	16,12	17,2	83
No. 10	13,67	31,8	68
No. 40	19,64	52,8	47
No. 200	13,39	67,7	32

COLOR= GRIS

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	17 %
ARENA=	50 %
FINOS=	32 %
LL =	45,00 %
LP =	24,00 %
IP =	21,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	SC
AASHTO=	A-2-7
IG(80)=	2
IG(45)=	2



Ing. Oswaldo Castillo Granillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 0938820163-0986962355-0980253180 Email: estsueloon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

CALCULO DE N.S.P.T. NORMALIZADO

PROYECTO: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: SRA. ANDREA LAPO
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
POZO: 1

Prof.	N60	NS	γ (T/m3)	γ x H (T/m2)	CN	N2	N3	D_perf.	N4	NS
1	11	12	1,65	1,65	1,34	0,75	1	60-127mm	1	11
2	17	16	1,65	3,30	1,34	0,75	1	60-127mm	1	16
3	25	20	1,65	4,95	1,20	0,75	1	60-127mm	1	18
4	47	31	1,65	6,60	1,11	0,85	1	60-127mm	1	29
5	55	35	1,60	8,20	1,04	0,85	1	60-127mm	1	31
6	100	58	1,65	9,85	0,98	0,95	1	60-127mm	1	54
7										

Ing. Ovidio Castillo J.
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENSIAS OBTENIDAS

PROYECTO: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: SRA. ANDREA LAPO
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
SECTOR: LOS EUCALIPTOS - LOJA

POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFIC		GOLPES N			N	NS	qu	qadmisible	qadmisible	c	ϕ
	m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	golpes	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	°
1	1,00	35	59	31	28	4	53	43	SM	A-7-5	3	5	6	11	11		2,31	1,10		28
1	2,00	34	57	30	27	39	30	31	GM	A-7-7	5	7	10	17	16		4,83	1,60		33
1	3,00	43	74	29	45	2	41	57	CH	A-7-6	5	10	15	25	18	2,41	6,19	2,06	1,20	34
1	4,00	24	45	24	21	1	59	40	SC	A-7-6	9	23	24	47	29		8,78	2,93		39
1	5,00	26	45	24	21	17	50	33	SC	A-2-7	20	25	30	55	31		9,29	3,10		41
1	6,00										50	R	R	100	54		16,03	5,34		48

Ing. Ovidio Castillo J.
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

PROYECTO: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: SRA. ANDREA LAPO
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.
SECTOR: LOS EUCALIPTOS - LOJA

POZO	B m	PROF. m.	qu(CS) kg/cm²	qo kg/cm²	Es kg/cm²	If cm/m	n -	Kas kg/cm³	Si cm	Sc cm	St cm	OBSERVACIONES
1,0	1,0	2,0		1,10	185,0	112	0,25	222,0	0,62		0,6	
	1,5	2,0		1,10	185,0	112	0,25	222,0	0,94		0,9	
	2,0	2,0		1,10	185,0	112	0,25	222,0	1,25		1,2	
2,0	1,0	2,0		1,60	185,0	112	0,25	222,0	0,91		0,9	
	1,5	2,0		1,60	185,0	112	0,25	222,0	1,36		1,4	
	2,0	2,0		1,60	185,0	112	0,25	222,0	1,82		1,8	
3,0	1,0	2,0	1,20	2,06	300,0	112	0,25	360,0	0,72	1,14	1,9	
	1,5	2,0	1,20	2,06	300,0	112	0,25	360,0	1,08	1,72	2,8	
	2,0	2,0	1,20	2,06	300,0	112	0,25	360,0	1,44	2,29	3,7	
4,0	1,0	2,0		2,93	185,0	112	0,25	222,0	1,66		1,7	
	1,5	2,0		2,93	185,0	112	0,25	222,0	2,49		2,5	
	2,0	2,0		2,93	185,0	112	0,25	222,0	3,33		3,3	
5,0	1,0	2,0		3,10	185,0	112	0,25	222,0	1,76		1,8	
	1,5	2,0		3,10	185,0	112	0,25	222,0	2,64		2,6	
	2,0	2,0		3,10	185,0	112	0,25	222,0	3,52		3,5	

qu(CS): Compresión simple — Es: Módulo de elasticidad — B: Ancho de la cimentación — Ind: Módulo Edométrico — Sc: Asentamiento por consolidación
qo: Presión de trabajo — n: Relación de Poisson — If: Factor de forma — Si: Asentamiento inmediato — St: Asentamiento total

Ing. Ovidio Castillo J.
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO: **ANALISIS DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS SECTOR LOS EUCALIPTOS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: SRA. ANDREA LAPO
REALIZADO POR: ING. OVIDIO CASTILLO J.

SECTOR: LOS EUCALIPTOS - LOJA
POZO: 1

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT 0 20 40 60 80	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LIMITES ATERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Simbolo	Descripción del Suelo	Consistencia Suelo Arcilloso	Compacidad Suelo Arenoso
0																		
1.0		3	5	6	11		34.55	19	31	28	4	55	43	SM		Arena limosa	Firme	
2.0		5	7	10	17		35.80	17	40	22	39	40	21	GM		Grava limosa	Firme	
3.0		5	10	15	25		45.15	74	39	45	2	41	57	CH		Arcilla de alta plasticidad	Firme	
4.0		9	23	24	47		21.63	41	24	21	1	59	40	SC		Arena arcillosa	Firme	
5.0		28	25	30	55		36.25	45	24	21	17	58	25	SC		Arenas arcillosas	Firme	
6.0		50	10	8	100												Medio	

PERFORAC. TOTAL: 6 m
NIVEL FREATICO: 0 m

LEYENDAS: Perforación destructiva; Arena; Bloque; Nivel Freático; Arcilla; Grava

ESTSUELCON CIA. LTDA. LOJA - ECUADOR