



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

TÍTULO:

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA EN LA
PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR”**

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero en Geología
Ambiental y Ordenamiento
Territorial

AUTOR:

ULISES DANIEL JIMENEZ BUSTAMANTE

DIRECTOR:

ING. JIMMY STALIN PALADINES, MG. SC.

LOJA – ECUADOR

2016

II. CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

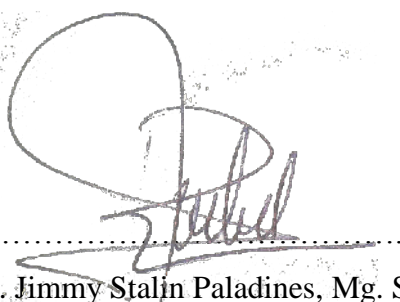
Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, realizado por el señor egresado: **ULISES DANIEL JIMENEZ BUSTAMANTE** con C.I. 2200081392, en su proceso de investigación denominado: **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar para su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 26 de septiembre del 2016



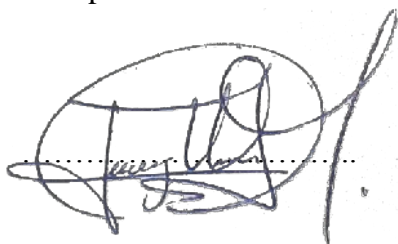
.....
Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

III. AUTORÍA

Yo, **ULISES DANIEL JIMENEZ BUSTAMANTE** declaro ser autor del 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 el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ulises Daniel Jimenez Bustamante', written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Cédula: 2200081392

Fecha: 26 de septiembre del 2016

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

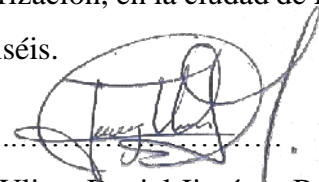
Yo, **ULISES DANIEL JIMENEZ BUSTAMANTE**, declaro ser el autor de la tesis titulada: “**SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**, 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 veintiséis días del mes de septiembre del dos mil dieciséis.

Firma:



Autor:

Ulises Daniel Jiménez Bustamante

Cédula:

2200081392

Dirección:

Ecuador, Loja, Loja, Cdla. La Paz, calle Manuel Lozano y Agustín Lara esquina

Correo electrónico:

ulisesj44@gmail.com

Teléfono: 072615103

Celular: 0988181440

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Dra. Silvia Catalina Loaiza Ambuludí, Ph.D.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg.Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg.Sc.

V. DEDICATORIA

El fruto de mi esfuerzo lo dedico principalmente a mi abuelita Martha Correa, por brindarme su confianza, apoyo y enseñanzas en todos estos años de carrera, permitiendo alcanzar mi meta.

De igual a forma a mis padres Franklin Jiménez y Adriana Bustamante por haberme inculcado desde la niñez el valor del estudio y los buenos valores; que todo lo gratificante de la vida se logra con honestidad, esfuerzo y dedicación.

Ulises Daniel Jiménez Bustamante

VI. AGRADECIMIENTO

Al Ing. Stalin Paladines, por haberme guiado y corregido pertinentemente en las fases de desarrollo del presente trabajo investigativo, con su vasto conocimiento y ética profesional.

A la Dra. Silvia Loaiza y al Ing. Walter Tambo por su asesoría técnica brindada de manera cordial y desinteresada.

A mi primo William Jiménez por su gran apoyo en la parte topográfica y a todos mis amigos/as que me han ayudado de manera directa e indirecta en la realización del presente trabajo.

Agradecimiento especial al Ing. Julio Romero en calidad de Coordinador de Carrera, por su continuo apoyo a los estudiantes y especialmente a los egresados, permitiendo que realicen sus proyectos de tesis en la brevedad posible, así también por su excelente gestión enfocada al mejoramiento de la calidad académica.

Ulises Daniel Jiménez Bustamante

VII. TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
II. CERTIFICACIÓN	II
III. AUTORÍA	III
IV. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, 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	5
4.1 Topografía.....	5
4.1.1 Definición	5
4.1.2 Levantamientos Topográficos.	5
4.2 Geología.....	6
4.2.1 Definición	6
4.2.2 Levantamiento geológico	6
4.2.3 Geología de campo	7
4.3 Geomorfología.....	8
4.3.1 Definición	8
4.3.2 Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos	8
4.3.3 Procesos morfogenéticos: erosión, transporte y sedimentación	9

4.3.4	Variables geomorfológicas	10
4.4	Geotecnia	14
4.4.1	Definición	14
4.4.2	Prospección Geofísica	15
4.4.3	Ensayos in situ	17
4.5	Uso del suelo	20
4.5.1	Clasificación del uso del suelo/ tipo de bosque	21
4.6	Clasificación de imágenes satelitales.....	22
4.6.1	Técnicas de clasificación de imágenes	22
4.6.2	Clasificación de Imágenes Multiespectrales.....	23
4.7	Fundamentos de movimientos en masa	24
4.7.1	Deslizamientos	25
4.8	Susceptibilidad a deslizamientos	26
4.8.1	Definición	26
4.8.2	Clasificación del grado de susceptibilidad a deslizamientos.....	26
4.8.3	Mapas de susceptibilidad.....	27
4.8.4	Definición del tamaño de las unidades de trabajo y de zonificación	28
4.8.5	Metodologías para la elaboración de mapas de susceptibilidad	30
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1	Materiales	33
5.1.1	Materiales de campo	33
5.1.2	Materiales de oficina	33
5.2	Metodología.....	33
5.2.1	Primer objetivo	33
5.2.2	Segundo Objetivo	43
5.2.3	Tercer Objetivo.....	65
6.	RESULTADOS	80
6.1	Descripción general del área de estudio	80
6.1.1	Ubicación y acceso	80

6.1.2	Orografía.....	82
6.1.3	Hidrología.....	83
6.1.4	Clima	84
6.2	Topografía	84
6.3	Pendientes.....	84
6.4	Geología Regional.....	85
6.5	Geología Local	88
6.6	Geomorfología.....	93
6.6.1	Deposicional o acumulativo	93
6.6.2	Denudativo	96
6.6.3	Tectónico erosivo	97
6.7	Uso actual del suelo	101
6.8	Descripción Geotécnica	102
6.8.1	Sondeos Eléctricos verticales	102
6.8.2	Ensayos de Penetración Estándar (SPT).....	106
6.9	Susceptibilidad a Deslizamientos	120
6.9.1	Método Multicriterio	120
6.9.2	Método Determinístico	122
7.	DISCUSIÓN.....	128
8.	CONCLUSIONES	129
9.	RECOMENDACIONES	131
10.	BIBLIOGRAFÍA	132
11.	ANEXOS	137

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Hjulstron.	10
Figura 2. Sondeo eléctrico vertical.	16
Figura 3. Ejemplo de interpretación de un SEV.	17
Figura 4. Interpretación de datos SPT, teniendo en cuenta la profundidad.	19
Figura 5. Valor del ángulo de rozamiento a partir del valor N en arenas.	20
Figura 6. Clasificación del uso del suelo/tipo de bosque.	22
Figura 7. Deslizamiento condicionado por condiciones morfológicas.	25
Figura 8. Deslizamiento rotacional.	25
Figura 9. Deslizamiento traslacional.	26
Figura 10. Metodología para la realización de los mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo.	28
Figura 11. Talud infinito.	32
Figura 12. Modelo TIN de la zona de estudio.	36
Figura 13. Mapa de ubicación de afloramientos.	38
Figura 14. Variables geomorfológicas.	39
Figura 15. Extensión Land Facet Corridor Designer.	40
Figura 16. TPI a 200 m.	41
Figura 17. Muestreo de usos de suelo en ERDAS IMAGINE.	42
Figura 18. Clasificación supervisada en ERDAS IMAGINE.	43
Figura 19. Configuración Schlumberger.	45
Figura 20. Mapa de ubicación de los SEV.	48
Figura 21. Mapa de ubicación de los SPT.	58
Figura 22. Tensiones verticales según Terzaghi.	63
Figura 23. Comparación entre la geología y las pendientes.	68
Figura 24. Comparación entre la geología y geomorfología.	68
Figura 25. Comparación entre la geología y uso actual del suelo.	69
Figura 26. Comparación entre las pendientes y geomorfología.	69
Figura 27. Comparación entre las pendientes y uso actual del suelo.	70
Figura 28. Comparación entre la geomorfología y uso actual del suelo.	70
Figura 29. Ponderación normalizada y la inconsistencia.	71

Figura 30. Árbol Multicriterio.....	72
Figura 31. Herramienta Weighted Overlay.	73
Figura 32. Funcionamiento de la herramienta Weighted Overlay.	73
Figura 33. Secuencia de geoprocso del método multicriterio.	74
Figura 34. Conversión de grados a radianes de las pendientes.	76
Figura 35. Cálculo de la función seno de las pendientes.....	76
Figura 36. Cálculo de la función coseno de las pendientes.....	76
Figura 37. Cálculo de la función coseno ² de las pendientes.....	77
Figura 38. Funcionamiento de la interpolación IDW.....	77
Figura 39. Cálculo del factor de seguridad a 2 m en condiciones normales.	78
Figura 40. Secuencia de geoprocso del método determinístico.....	79
Figura 41. Mapa de ubicación del área de estudio.	80
Figura 42. Acceso a la ciudad de Catamayo por vía aérea desde la ciudad de Quito (arriba) y terrestre a Loja desde Catamayo (abajo).	81
Figura 43. Acceso a la ciudad de Loja por vía terrestre desde la ciudad de Quito.....	82
Figura 44. Sistema Hidrológico de la Hoya de Loja y cuencas abastecedoras.	83
Figura 45. Mapa geológico de la Hoya de Loja.	87
Figura 46. Curva de resistividad y perfil del SEV 1.....	102
Figura 47. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 2.....	103
Figura 48. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 3.....	103
Figura 49. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 4.....	104
Figura 50. Corte Geoeléctrico SEV 1 - 2.	105
Figura 51. Corte Geoeléctrico SEV 2-4.	105
Figura 52. Corte Geoeléctrico SEV 3-4.	105
Figura 53. Losa de cimentación (a) y zapata aislada (b).	117

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Estación Total Sokkia Set 550 RX.	35
Fotografía 2. Resistivímetro ABEM Terrameter SAS 300B.	44
Fotografía 3. SEV 1.....	46
Fotografía 4. SEV 2.....	46
Fotografía 5. SEV 3.....	47
Fotografía 6. SEV 4.....	47
Fotografía 7. SPT 1.	52
Fotografía 8. Testigos de perforación del SPT 1.....	53
Fotografía 9. SPT 2.	53
Fotografía 10. Testigos de perforación del SPT 2.....	54
Fotografía 11. SPT 3.	54
Fotografía 12. Testigos de perforación del SPT 3.....	55
Fotografía 13. SPT 4.	55
Fotografía 14. Testigos de perforación del SPT 4.....	56
Fotografía 15. SPT 5.	56
Fotografía 16. Testigos de perforación del SPT 5.....	57
Fotografía 17. Lutitas calcáreas de coloración crema.	88
Fotografía 18. Lutitas marrones con intercalaciones de lutitas calcáreas.	89
Fotografía 19. Lutitas marrones plegadas.	89
Fotografía 20. Terraza aluvial.	90
Fotografía 21. Desembocadura en el río Zamora de la quebrada Paccha.	90
Fotografía 22. Abanico aluvial.....	91
Fotografía 23. Arcillas y limos con capa de materia orgánica en la parte superior.	91
Fotografía 24. Arcillas con material aluvial.....	92
Fotografía 25. Conglomerado.	92
Fotografía 26. Contacto litológico entre limos y areniscas.....	93
Fotografía 27. Terraza baja y cauce actual.....	94
Fotografía 28. Terraza baja.	95
Fotografía 29. Valle fluvial.....	95
Fotografía 30. Cono de deyección.....	96

Fotografía 31. Deslizamiento.	97
Fotografía 32. Superficie ondulada.	97
Fotografía 33. Relieve ondulado.	98
Fotografía 34. Relieve escalonado.	99
Fotografía 35. Relieve colinado muy bajo.	99
Fotografía 36. Relieve colinado bajo.	100
Fotografía 37. Relieve colinado medio.	100

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ejemplos de Unidades Geomorfológicas.	12
Cuadro 2. Categorización de las pendientes.....	13
Cuadro 3. Clasificación del desnivel relativo.....	13
Cuadro 4. Categorización de la longitud de la vertiente.	14
Cuadro 5. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos. 27	
Cuadro 6. Dimensiones de las Unidades de Cálculo del Terreno.	30
Cuadro 7. Coordenadas de partida para el levantamiento topográfico.	34
Cuadro 8. Categorización de la pendiente.....	36
Cuadro 9. Ubicación de los SEV.....	44
Cuadro 10. Resistividades de rocas y suelos sedimentarios.....	49
Cuadro 11. Resistividad del agua.....	50
Cuadro 12. Ubicación de los SPT.	51
Cuadro 13. N_{SPT} y ángulo de fricción efectivo para arcillas.	59
Cuadro 14. Compacidad en suelos no cohesivos.	59
Cuadro 15. Consistencia en suelos cohesivos.	60
Cuadro 16. Relación de la densidad seca y compacidad en suelos no cohesivos.	60
Cuadro 17. Relación de la densidad saturada y consistencia en suelos cohesivos.	61
Cuadro 18. Densidad seca de los suelos según SUCS.	61
Cuadro 19. Ángulo de fricción efectivo en materiales no cohesivos y rocas.....	63
Cuadro 20. Clasificación, tipo de arcillas y potencial cambio de volumen según A. ...	64
Cuadro 21. Expresiones para el cálculo de la cimentación.	64
Cuadro 22. Matriz de comparación por pares.	66
Cuadro 23. Índice de Consistencia Aleatorio para distintos valores n.....	67
Cuadro 24. Clase de estabilidad y factor de seguridad.	78
Cuadro 25. Rangos y categorías de las pendientes del sector de estudio.....	85
Cuadro 26. Uso actual del suelo.....	101
Cuadro 27. N_{SPT} y clasificación SUCS del SPT 1.....	106
Cuadro 28. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 1.....	106
Cuadro 29. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 1.	107
Cuadro 30. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 2.	107

Cuadro 31. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 2.....	108
Cuadro 32. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 2.	108
Cuadro 33. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 3.	109
Cuadro 34. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 3.....	109
Cuadro 35. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 3.	110
Cuadro 36. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 4.	110
Cuadro 37. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 4.....	111
Cuadro 38. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 4.	111
Cuadro 39. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 5.	112
Cuadro 40. Humedad, ángulo fricción efectivo y carga admisible del SPT 5.	112
Cuadro 41. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 5.	113
Cuadro 42. Densidad seca, ángulo de fricción interna y cohesión de GW-SW.....	113
Cuadro 43. Comportamiento de las arcillas SPT 1.	114
Cuadro 44. Comportamiento de las arcillas SPT 2.	114
Cuadro 45. Comportamiento de las arcillas SPT 3.	115
Cuadro 46. Comportamiento de las arcillas SPT 4.	115
Cuadro 47. Comportamiento de las arcillas SPT 5.	116
Cuadro 48. Grados de Susceptibilidad a deslizamientos en Amable María.	121
Cuadro 49. Estabilidad a deslizamientos en condiciones normales y profundidad de falla 1 m.	122
Cuadro 50. Estabilidad a deslizamientos en condiciones saturadas y profundidad de falla 1 m.	123
Cuadro 51. Estabilidad a deslizamientos en condiciones normales y profundidad de falla 2 m.	124
Cuadro 52. Estabilidad a deslizamientos en condiciones saturadas y profundidad de falla 2 m.	124
Cuadro 53. Correlación de los mapas de susceptibilidad con los deslizamientos.....	126

1. TÍTULO

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA-ECUADOR”.

2. RESUMEN

El presente trabajo investigativo titulado “SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA-ECUADOR”, tuvo por objeto identificar las zonas propensas a sufrir deslizamientos, mediante la aplicación de técnicas basadas en SIG y en el cálculo en base a parámetros geotécnicos.

Para el caso se realizó el levantamiento a detalle de la Topografía, Geología, Geomorfología. En función de herramientas de Teledetección de imágenes satelitales en el software ERDAS IMAGINE 2014 se identificó el Uso Actual de Suelo. Se efectuaron trabajos ingenieriles de campo para la caracterización geotécnica a través de métodos indirectos y directos como son los Sondeos Eléctricos Verticales y Ensayos de Penetración Estándar.

Se determinó la Susceptibilidad a Deslizamientos a través de los métodos Multicriterio y Determinístico.

En el primero se realizó de acuerdo a una valoración de los factores como son Geología, Pendientes, Geomorfología y Uso Actual del Suelo, empleando las Jerarquías Analíticas de Saaty y de la evaluación de las clases de los factores, aplicando el método directo, esto con ayuda de los software ILWIS 3.8.5 y ArcGIS 10.2. Dando como resultado 4 grados de Susceptibilidad que son muy Muy Baja (0.09 %), Baja (48.31 %), Moderada (41.50 %) y Alta (10.10 %).

Para el método determinístico se calcularon parámetros ingenieriles de los suelos requeridos para el cálculo de la estabilidad, con lo cual se simuló escenarios normales y saturados para profundidades de falla de 1 m y 2 m. 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 Norte y Este de la zona de estudio.

2.1 ABSTRACT

This research work entitled "LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY IN THE NEIGHBORHOOD "AMABLE MARIA" PARISH VALLEY, CANTON AND PROVINCE OF LOJA-ECUADOR", was to identify areas which are prone to landslides, by applying techniques based on GIS and the calculation based on geotechnical parameters.

In the case, a detailed survey of the topography was carried out, geology, and geomorphology. The use of the soil was identified by means of tools to detect satellite images in the software ERDAS IMAGINE 2014.

For the geotechnical characterization, engineering field works were carried out by using indirect and direct methods such as: the Electrical and Vertical Polls and Standard Penetration Tests.

Susceptibility to landslides was determined through applying the Multi-Criteria and Deterministic methods.

The first one was carried out considering an assessment of factors such as Geology, Slopes, Geomorphology and the current use of the soil, using the Analytical Hierarchies of Saaty, an evaluation of the types of factors and using the direct method. All of this, with the help of ILWIS 3.8 and Arc GIS 10.2 software. Resulting 4 degrees of Susceptibility which are: very low (0.09%), Low (48.31%), moderate (41.50%) and high (10.10%).

For the deterministic method, engineering parameters required for the calculation of the stability of the soils were calculated, so, normal and saturated sceneries to depths with fails of 1 m and 2 m. were simulated. Establishing that the critical areas (unstable areas and with low stability) of the terrain are generated mainly by influence of water infiltration; specifically those ones at the north and east of the study area.

3. INTRODUCCIÓN

El actual crecimiento de la población ha venido intensificándose particularmente en las periferias de las ciudades, debido a la necesidad de buscar nuevos territorios donde asentarse, pero esto ha sido en su mayoría de manera desmedida y sin control.

Los movimientos de masa se han hecho cada vez más comunes y han cobrado gran cantidad de vidas humanas. Ahora que las ciudades crecen desmesuradamente lo que hace indispensable que se realicen estudios geológicos-geotécnicos del terreno para una adecuada planificación del territorio.

Nuestra ciudad no se escapa de esta realidad, ya que esta se encuentra en una creciente expansión, por lo cual es importante realizar estudios ingenieriles para determinar con mayor precisión la susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo por deslizamientos, para así poder desarrollar una mejor planificación del territorio.

En tal razón se realiza la presente investigación titulada “**Susceptibilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María en la Parroquia el Valle, Cantón y Provincia de Loja-Ecuador**”, la cual está orientada al análisis geológico geotécnico de los materiales, para determinar la susceptibilidad por los métodos multicriterio y determinístico. Para este último se considera la influencia del factor agua. Esto en base a una metodología de cálculo a través de parámetros geomecánicos, como la cohesión efectiva, peso específico, ángulo de fricción efectivo entre otros.

Este estudio servirá de gran apoyo para los futuros Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial a nivel Municipal, para que se gestione el territorio de mejor manera y en base a estudios técnicos de campo y parámetros ingenieriles. Con lo cual también se podrá establecer, si se requiere diseños para medidas de estabilización y control.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Topografía

4.1.1 Definición

La Topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, del conocimiento y del manejo de los instrumentos necesarios para ello (García y Rosique, 1994).

Todo estudio de ingeniería, desde el proyecto de un tramo de carretera o una línea eléctrica hasta el diseño de un sistema de riego, precisa una representación clara y fidedigna del terreno en el que se va a desarrollar. Sobre esta representación, el equipo de ingeniería proyectará las obras a realizar, efectuará los cálculos y valorará los costes y la viabilidad del estudio. Cada proyecto de ingeniería se apoya en un trabajo topográfico, que puede tener dos fases:

- La primera es un levantamiento topográfico, que consiste en realizar todas las mediciones necesarias de la zona de interés, con objeto, de obtener un plano topográfico de la misma.
- La segunda es un replanteo, que consiste en señalar sobre el terreno, empleando técnicas topográficas, todos los detalles necesarios para el desarrollo de las obras que contemple el proyecto (García y Rosique, 1994).

4.1.2 Levantamientos Topográficos.

En las distintas fases de un levantamiento topográfico se emplean los tres métodos planimétricos que conocemos: radiación, itinerario e intersección como segunda fase se combinarán los métodos altimétricos como la nivelación trigonométrica y nivelación geométrica. Normalmente para trabajos grandes se parte de los vértices geodésicos próximos a la zona a levantar, los cuales proporcionarán un apoyo suficientemente preciso. Las distancias entre vértices geodésicos, son grandes, por lo que será preciso establecer una red más densa. Esta primera red planimétrica se denomina red trigonométrica o triangulación topográfica.

Todo levantamiento debe estudiarse y planificarse cuidadosamente antes de empezar a realizar los trabajos de campo, de manera que se tenga las garantías de que los métodos e instrumentos que se van a emplear en él son los adecuados (García y Rosique, 1994).

4.2 Geología

4.2.1 Definición

Según Tarbuck (2010) la geología es la ciencia que persigue la comprensión del planeta tierra. Así mismo indica que la geología tradicionalmente se ha dividido en dos áreas, la geología física y la geología histórica.

La geología física trata el estudio de los materiales que componen la Tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. En cambio la geología histórica tiene como objetivo comprender el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo.

4.2.2 Levantamiento geológico

EL objetivo general del levantamiento geológico es el mapa geológico. En un mapa geológico se representan las características geológicas de una región (una parte de la superficie terrestre) a una determinada escala, utilizando una proyección determinada y una superficie de referencia que normalmente es un plano (Arnold, 2010).

Arnold (2010) indica que el levantamiento comprende todas las operaciones que se realizan, aplicando métodos y técnicas para efectuar mediciones que permitan definir las posiciones de puntos característicos del terreno para representarlos en un mapa.

Si el levantamiento tiene por objeto representar el relieve de una región, se trata de un levantamiento topográfico.

En cambio si se obtienen las posiciones de puntos que sirven para representar las características geológicas de una región, es un levantamiento geológico. El levantamiento se realiza en el campo e incluye las tareas de toma de información geológica en cada uno de los puntos de referencia.

El carteo comprende las operaciones para representar la información obtenida en el levantamiento de campo. El carteo se realiza en la oficina. Incluye las tareas de dibujo del mapa, actualmente mediante el uso de computadoras. La metodología para la recolección de información en terreno depende esencialmente del propósito específico del trabajo de terreno y su escala.

Algunos estudios pueden ser tan simples como visitar un afloramiento específico o cantera, realizando notas y dibujos esquemáticos de las relaciones entre ciertas rocas y/o recolección de algunas muestras. Otros trabajos requieren de varias semanas o meses de mapeo geológico, muestreo sistemático; además de una cuidadosa integración de información de terreno y datos laboratorio (Arnold, 2010).

4.2.3 Geología de campo

La geología de campo es aquella que se desarrolla en terreno (campo) esencialmente para la obtención de datos (información geológica). Las rocas, minerales, sedimentos y suelos están en terreno y es allí donde pueden observarse. Entonces, la geología de campo consiste en los métodos para observar, describir e interpretar las estructuras y materiales de los afloramientos (Fernández y López, 2004).

Uno de los propósitos más comunes del trabajo de campo es la confección de mapas geológicos y sus respectivas secciones. En este caso es muy importante la identificación de las rocas aflorantes (litología), la estructura de las mismas (medición de rumbo, mapeo de estratos y fallas), así como determinar su extensión real, relaciones de contacto con otras rocas y representarlas cartográficamente en forma correcta (simbología y códigos de colores). El mapeo geológico es tan esencial que para muchos es considerado sinónimo de geología de campo (Fernández y López, 2004).

Muchas características geológicas no son obvias en terreno, por ejemplo muchos pliegues, fallas o discordancias solo pueden ser descubiertos por el mapeo geológico sistemático y aunque estas estructuras geológicas puedan ser eventualmente visibles en algún afloramiento ellas deben mapearse en áreas extensas para comprenderlas a cabalidad (Fernández y López, 2004).

4.3 Geomorfología

4.3.1 Definición

Geomorfología es la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se preocupa de las interacciones entre varios tipos de materiales y procesos, implicando los sólidos, líquidos y gaseosos (Gutiérrez, 2008).

El relieve de la superficie terrestre es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de las grandes elevaciones y depresiones, producidas fundamentalmente por movimientos de componente vertical y, las segundas como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado.

Esta lucha constante se manifiesta a diferentes escalas y ha sido un devenir continuo a lo largo de la historia de la Tierra. Estos procesos de la dinámica externa se agrupan en la cadena meteorización-erosión, transporte y sedimentación.

El resultado se manifiesta en la creación de un conjunto de modelados erosivos y deposicionales, que suelen presentar rasgos específicos, en relación con los procesos actuantes en los diferentes ambientes morfogenéticos (Gutiérrez, 2008).

4.3.2 Factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y colmatar las zonas deprimidas.

Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. Los factores desencadenantes de los procesos geomorfológicos pueden categorizarse en cuatro grandes grupos:

- **Factores geográficos:** entre los que se consideran los factores abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, el suelo, el clima (presión, temperatura y vientos) y los cuerpos de agua (agua superficial, con la acción de la escorrentía, la acción fluvial y marina, o los hielos en el modelado glacial).

- **Factores bióticos:** El efecto de los factores bióticos sobre el relieve suele oponerse a los procesos del modelado, especialmente considerando la vegetación, sin embargo, existen no pocos animales que colaboran con el proceso erosivo
- **Factores geológicos:** tales como la tectónica, el diastrofismo, la orogénesis y el vulcanismo, son procesos constructivos y de origen endógeno que se oponen al modelado e interrumpen el ciclo geográfico (Universidad de la Coruña-Ingeniería de obras públicas, 2015).

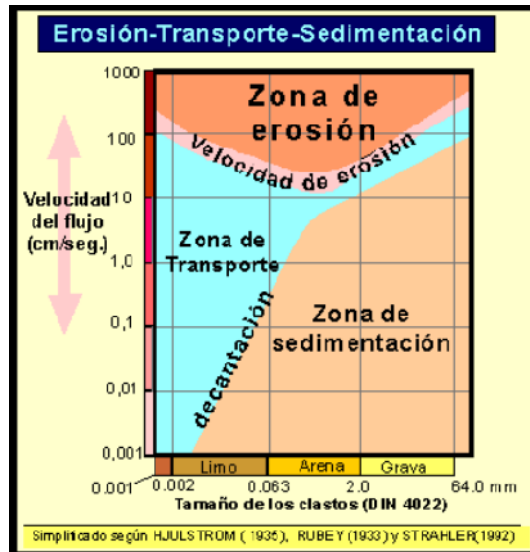
Aunque los distintos factores que influyen en la superficie terrestre se ven incluidos en la dinámica del ciclo geográfico, sólo los factores geográficos contribuyen siempre en dirección al desarrollo del ciclo y a su fin último; la penillanura. Mientras que el resto de los factores (biológicos y geológicos) interrumpen o perturban el normal desarrollo del ciclo.

Se consideran los siguientes dominios morfogenéticos: edáficos o de formación de suelos Fluviales, glaciares, periglaciares, litorales, kársticos eólicos y gravitacionales (Universidad de la Coruña-Ingeniería de obras públicas, 2015).

4.3.3 Procesos morfogenéticos: erosión, transporte y sedimentación

De la interacción de los factores anteriormente citados, resultan los procesos morfogenéticos sucesivos, a saber, la erosión, el transporte y la sedimentación. La existencia de erosión, transporte o sedimentación en un momento dado para un agente de transporte depende de la velocidad del flujo y del tamaño del clasto, según se presenta en el diagrama de Hjulström (figura 1).

Figura 1. Diagrama de Hjulstron.



Fuente: Universidad de la Coruña-Ingeniería de Obras Públicas. 2015.

4.3.4 Variables geomorfológicas

Conforme a la escala de trabajo se estudian los siguientes aspectos geomorfológicos: unidad ambiental, génesis (unidad genética), morfología y morfometría. Estos cuatro aspectos describen lo que se concibe como unidad geomorfológica (CLIRSEN 2012).

4.3.4.1 Unidad ambiental

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; donde el criterio básico utilizado para la delimitación es el del paisaje, entendido como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación (Acosta, 2009). El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución (Winckell, 1997).

4.3.4.2 Unidad genética

El origen de las unidades geomorfológicas puede deberse a uno de los siguientes procesos genéticos:

- **Deposicional o acumulativo:** Se refiere a formas originadas por el depósito de material, transportado 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, las principales unidades geomorfológicas identificables son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas por la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
- **Tectónico erosivo:** corresponde a levantamientos tectónicos que generan unidades geomorfológicas colinadas y montañosas de diversas alturas y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.
- **Glaciar:** proviene de los procesos erosivos ocurridos en relieves primarios por acción de las masas de hielo (circos, valles glaciares, rocas aborregadas, etc.) y de los procesos de transportación y sedimentación supraglaciar, endoglaciar y subglaciar de material detrítico pobremente clasificado.
- **Deposicional erosivo:** corresponde a las formas originadas en la superficie terrestre como producto de la acción erosiva de formas deposicionales preexistentes (CLIRSEN, 2012).

4.3.4.3 Morfología

Describe los aspectos cualitativos de la unidad geomorfológica, entre ellos formas de la cima que pueden ser plana, aguda, redondeada; forma de la vertiente que se refiere a la forma de la ladera (cóncava, convexa o rectilínea) y la forma de valle (en U, en V o plano).

Unidad geomorfológica: Define el tipo de la unidad geomorfológica a través de un nombre representativo. El cual está en función de las características del paisaje (CLIRSEN 2012). En el cuadro 1 se muestran ejemplos de unidades geomorfológicas.

Cuadro 1. Ejemplos de Unidades Geomorfológicas.

Origen	Unidad Geomorfológica	Descripción
Deposicional o acumulativo	Terraza baja y cauce actual	Corresponde al lecho del río y a un nivel superior, está formado por depósitos aluviales, constituyen remanentes de anteriores niveles de sedimentación y representa la superficie más baja a partir del nivel actual de depositación, por lo tanto está sujeta a las crecidas del río.
Deposicional o acumulativo	Terraza media	Superficie plana limitada por un escarpe, ubicada por encima de la terraza baja corresponde a un antiguo nivel de sedimentación del río. Presenta pendientes bajas debido a que ha sido ya modelado por los agentes erosivos.
Denudativo	Coluvio aluvial antiguo	Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean, muestra cierto grado de disección, cubierto con vegetación más desarrollada, que indica un mayor nivel de madurez o antigüedad.
Tectónico erosivo	Relieve colinado alto	Constituyen elevaciones que llegan a los 200 m de desnivel relativo.
Tectónico erosivo	Relieve montañoso	Estos relieves tienen desniveles relativos que sobrepasan los 300 m.
Fuente: CLIRSEN. 2012.		

4.3.4.4 Morfometría

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir que toma en cuenta los aspectos medibles de la descripción de la morfología (CLIRSEN, 2012).

Pendientes: Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje (CLIRSEN, 2012). En el cuadro 2 se presenta la categorización de las pendientes en porcentaje.

Cuadro 2. Categorización de las pendientes.

Categoría	Rango (%)
Plana	0 - 2
Muy suave	2 – 5
Suave	5 – 12
Media	12 – 25
Media a fuerte	25 – 40
Fuerte	40 – 70
Muy fuerte	70 – 100
Escarpada	100 – 150
Muy escarpada	150 – 200
Abrupta	> 200
Fuente: CLIRSEN. 2012.	

Desnivel relativo: Este parámetro corresponde a la altura existente entre la parte más baja, y la parte más alta de las unidades geomorfológicas. Se mide en metros. En el cuadro 3 se muestra la clasificación para el desnivel relativo.

Cuadro 3. Clasificación del desnivel relativo.

Rango (m)
0 – 5
5 – 15
15 – 25
25 – 50
50 – 100
100 - 200
200 - 300
> 300
Fuente: CLIRSEN. 2012.

Longitud de la vertiente: Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros.

Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa (CLIRSEN, 2012). En el siguiente cuadro se muestra la categorización de la longitud de la vertiente.

Cuadro 4. Categorización de la longitud de la vertiente.

Categoría	Rango (m)
Muy corta	< 15
Corta	15 - 50
Moderadamente larga	50 - 250
Larga	250 – 500
Muy larga	> 500
Fuente: CLIRSEN. 2012.	

4.4 Geotecnia

4.4.1 Definición

La Geotecnia es la rama de la Ingeniería que se ocupa del estudio de la interacción de las construcciones con el terreno. Se trata por tanto de una disciplina no sólo de la Ingeniería Civil, sino también de otras actividades, como la Arquitectura y la Ingeniería Minera, que guardan relación directa con el terreno. Los problemas geotécnicos básicos son:

- **El terreno como cimiento:** todas las obras deben apoyarse en el terreno; debe por tanto definirse la forma de este apoyo, y la transmisión de cargas de la estructura al terreno, para lo que debe estudiarse la deformabilidad y resistencia de éste.
- **El terreno como productor de cargas:** en ocasiones, para crear un desnivel, o con otro motivo, se construyen estructuras cuyo fin es contener el terreno; para su dimensionamiento, debe calcularse la magnitud y distribución de los empujes ejercidos por el terreno.
- **El terreno como propia estructura:** otras veces, para crear un desnivel no se construye una estructura de contención, sino que se deja al propio terreno en talud.

Debe en este caso estudiarse la inclinación que debe darse a este talud para garantizar su estabilidad.

- **El terreno como material:** en obras de tierra (rellenos, terraplenes, presas de materiales sueltos), el terreno es el material de construcción, por lo que deben conocerse sus propiedades, y la influencia que en ellas tiene el método de colocación (compactación) (Grupo Geotecnia, 2013).

4.4.2 Prospección Geofísica

La prospección geofísica es un conjunto de técnicas físicas y matemáticas, aplicadas a la exploración del subsuelo, por medio de observaciones efectuadas en la superficie de la Tierra (Santos, 2007).

Se emplean habitualmente para determinar espesores de rellenos o recubrimientos, excavabilidad de materiales, posición del nivel freático, localización de cavidades u otras heterogeneidades del subsuelo, ubicación de zonas de préstamo, estructura del subsuelo, propiedades geomecánicas de materiales, localización de fallas o superficies de deslizamiento, espesor de roca alterada, índices de fisuración, localización de conducciones subterráneas y evolución de fenómenos dinámicos (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2012).

4.4.2.1 Sondeo eléctrico Vertical (SEV)

Según González de Vallejo, Ferrer y Otros (2012) esta técnica consiste en separar sucesivamente los electrodos de corriente A y B del punto central, siguiendo una línea recta, y medir la resistividad aparente en cada disposición.

La resistividad aparente es un indicador de las resistividades del suelo y de la profundidad de penetración de la corriente, que se obtiene de la siguiente expresión (Moreno, Valencia, Cárdenas y Villa, 2007):

$$p_a = K \Delta U / I$$

Donde:

p_a : resistividad aparente (Ωm).

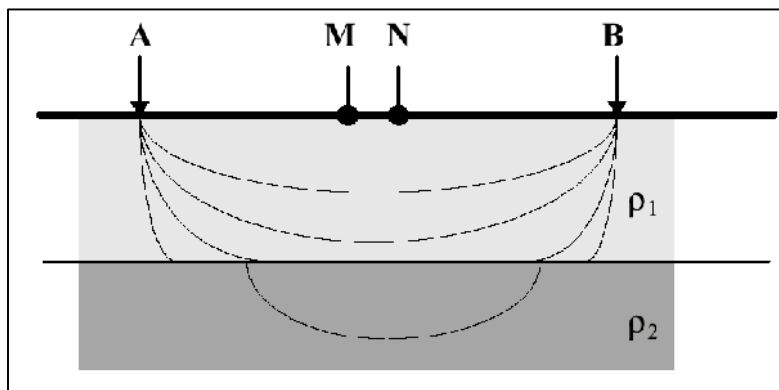
K: coeficiente del arreglo (m).

ΔU : diferencia de potencial, medida entre los electrodos M y N (figura 2).

I: corriente eléctrica circulando entre los electrodos A y B (figura 2).

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 aparente ρ con la profundidad en el punto central del perfil investigado (figura 2) (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2012).

Figura 2. Sondeo eléctrico vertical.

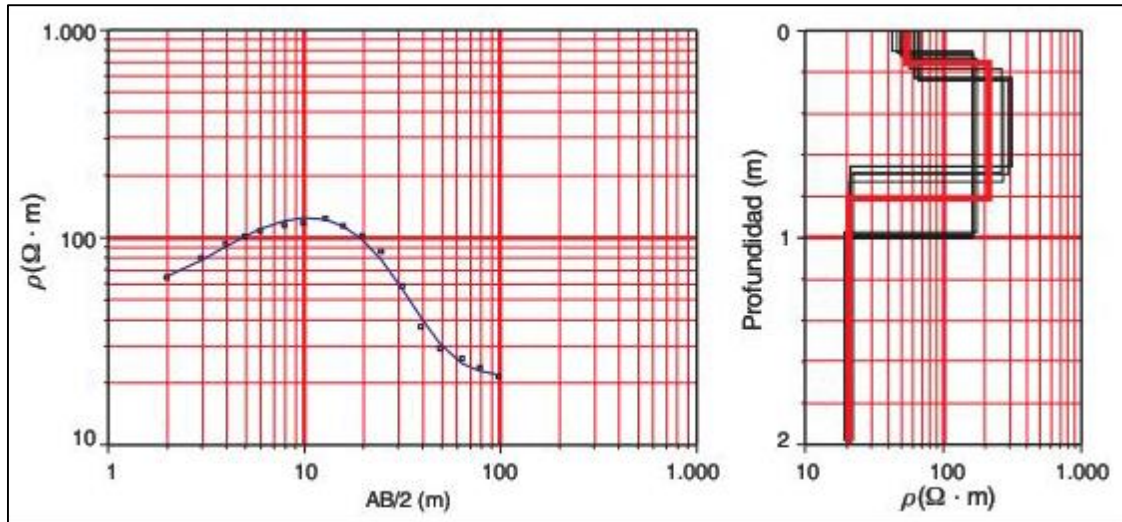


Fuente: Cheloti, Acosta, Foster. 2009.

La finalidad de los SEV es averiguar la distribución vertical de resistividades bajo el punto sondeado; con ese resultado se pueden interpretar cada una de las capas geoeléctricas del subsuelo y la presencia de niveles freáticos (SIERRA Luz María, 2009).

Un ejemplo de interpretación de un SEV se muestra en la figura 3. Las profundidades más habituales de investigación están entre 0 y 200 m (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2012).

Figura 3. Ejemplo de interpretación de un SEV.



Fuente: González De Vallejo, Ferrer y Otros. 2002.

4.4.3 Ensayos in situ

Los ensayos in situ tienen gran importancia para la determinación de las propiedades geotécnicas de los materiales. A partir de ellos se miden los parámetros que determinan el comportamiento geomecánico del terreno, como la resistencia, deformabilidad, permeabilidad, etc.

La principal ventaja de los ensayos in situ es que son más representativos que los ensayos de laboratorio con respecto a las condiciones del terreno en el que se va a construir la obra o estructura, al involucrar un volumen considerable mayor de material y estar este en condiciones naturales.

Sin embargo, la escala de los ensayos in situ no alcanza a representar todo el conjunto del macizo rocoso o suelo, lo que debe tenerse en cuenta para su interpretación y extrapolación de resultados (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

4.4.3.1 Ensayo de penetración estándar (SPT)

Suarez (2009) indica que este ensayo permite encontrar la resistencia relativa de las diferentes formaciones de suelo y localizar la superficie de falla. En este ensayo se cuenta el número de golpes necesarios para hincar 30 centímetros (un pie) un muestreador, en forma de tubo partido vertical y este valor de número de golpes (N) se correlaciona empíricamente con la resistencia del suelo.

González de Vallejo, Ferrer y Otros (2002) establecen el procedimiento para la realización de este ensayo, el cual consiste en limpiar cuidadosamente la perforación al llegar a la cota deseada para el ensayo, tanto las paredes como el fondo, retirando la batería de perforación e instalando en su lugar un tomamuestras de dimensiones estándar. El tomamuestras se debe hincar en el terreno 60 cm, contando el número de golpes necesarios para hincar tramos de 15 cm. El golpe para la hinca se realiza con una masa de 63.6 Kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque. La lectura del golpeo del primer tramo no se debe tener en cuenta, por la alteración del suelo o derrumbes de las paredes del sondeo.

La suma de los valores de golpeo de los dos tramos de 15 cm es el valor N, denominado también resistencia a la penetración estándar. En ocasiones, dada la alta resistencia del terreno, no se consigue el avance del tomamuestras. En estos casos, el ensayo se suspende cuando se exceden 100 golpes para avanzar un tramo de 15 cm, y se considera rechazo.

El resultado de los ensayos SPT puede verse afectado por factores como: Preparación y calidad del sondeo: limpieza y estabilidad de las paredes de la perforación. Longitud del varillaje y diámetro del sondeo: condicionan el peso del elemento a hincar y la fricción con las paredes del sondeo. Dispositivo de golpeo: puede ser manual o automático, existiendo diferencias notables entre los resultados de ambos.

Deben emplearse dispositivos automáticos, pues garantizan la aplicación de la misma energía de impacto en todos los casos (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002). Cuando el ensayo se realiza por debajo del nivel freático se utiliza la siguiente corrección, aplicable a suelos poco permeables (limos y arenas finas).

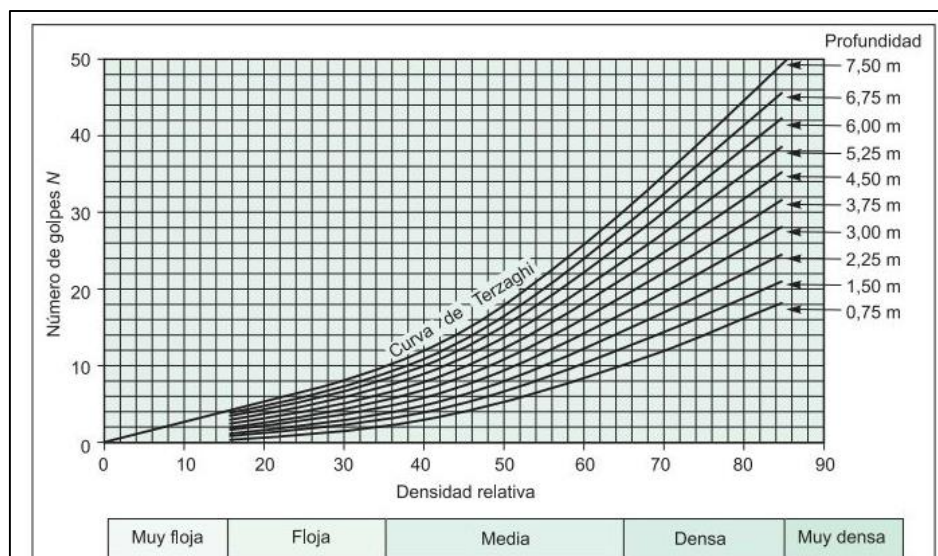
$$N = 15 + [(N' - 15) / 2]$$

Válida para $N' > 15$, siendo N el valor corregido y N' el valor medido.

El extendido uso del SPT ha permitido establecer una serie de correlaciones con diferentes parámetros geotécnicos:

- Con la compacidad para suelos granulares.
- Con la densidad relativa, teniendo en cuenta la influencia de la profundidad (figura 4).

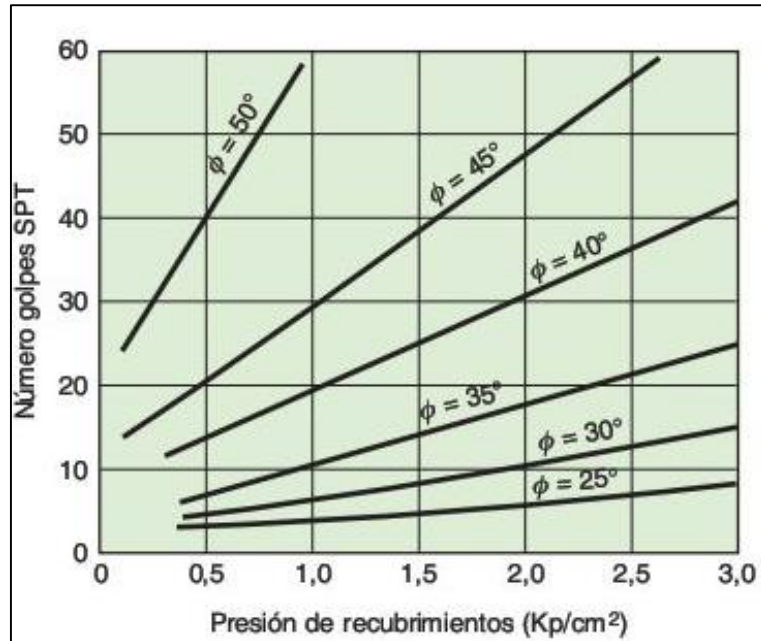
Figura 4. Interpretación de datos SPT, teniendo en cuenta la profundidad.



Fuente: González De Vallejo, Ferrer y Otros. 2002.

- Con el ángulo de rozamiento en suelos granulares, aplicable a partir de 2 m de profundidad (figura 5) (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

Figura 5. Valor del ángulo de rozamiento a partir del valor N en arenas.



Fuente: González De Vallejo, Ferrer y Otros. 2002.

4.5 Uso del suelo

El uso del suelo es el uso que los seres humanos hacen de la superficie terrestre. El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en un ambiente construido tal como campos de sembradío, pasturas y asentamientos humanos (Guttenberg, 1959).

Las prácticas de uso del suelo varían de manera considerable en diferentes partes del mundo. La División de Desarrollo del Agua de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura explica que “El uso del suelo comprende los productos y/o beneficios que se obtienen del uso de la tierra como también las acciones de gestión del suelo (actividades) realizadas por los humanos para producir dichos productos y beneficios. Desde comienzos de la década de 1990, aproximadamente el 13% de la superficie de la Tierra era considerada tierra arable, con 26% de pastura, 32% bosques, y 1.5% zonas urbanas.

Guttenberg (1959) indica que el uso del suelo es un término clave en el lenguaje de la planificación de ciudades.

4.5.1 Clasificación del uso del suelo/ tipo de bosque

Según lo establecido por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el sistema de clasificación utilizado para definir las clases de uso del suelo/tipo de bosque se basa en un método dicotómico e incluye dos niveles:

- El primer nivel está compuesto de clases mundiales diseñadas para la evaluación del bosque y los recursos arbóreos a nivel mundial.
- El segundo nivel es específico del país e incluye clases adicionales integradas para tener en cuenta las necesidades de información nacionales y subnacionales.

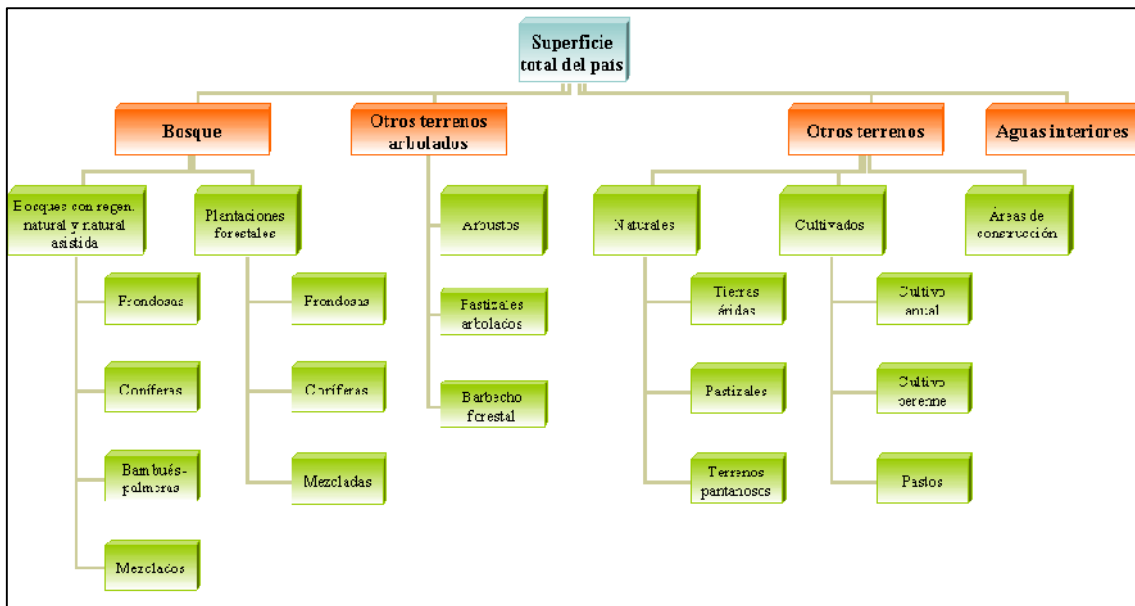
Las clases mundiales fueron desarrolladas dentro del marco de la Evaluación Mundial de Recursos Forestales de la FAO. Los términos y definiciones utilizados en las evaluaciones nacionales se escogen para armonizar las evaluaciones forestales nacionales con las de nivel mundial. Las clases mundiales incluyen:

- Bosques;
- Otros terrenos arbolados;
- Otros terrenos;
- Aguas continentales.

Las clases mundiales aseguran una clasificación armonizada entre países para evaluaciones regionales o mundiales. El segundo nivel de la clasificación se ha diseñado para atender necesidades específicas de información del país.

En la figura 6 se presentan una clasificación para el uso del suelo/tipos de bosque.

Figura 6. Clasificación del uso del suelo/tipo de bosque.



Fuente: FAO, 2010.

4.6 Clasificación de imágenes satelitales

Las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de Satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente. Como sucede a menudo, existen diferentes técnicas para poder llevar a cabo estas clasificaciones (Monterroso Fernando, 2011).

4.6.1 Técnicas de clasificación de imágenes

4.6.1.1 Clasificación supervisada

En las clasificaciones supervisadas se requiere la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite, en este caso, el técnico que está llevando a cabo la tarea debe indicar al software que debe realizar en cada momento (como debe clasificar cada uno de los píxeles existentes en la imagen), a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento (training áreas) de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie (Monterroso Fernando, 2011).

4.6.1.2 Clasificación no supervisada

Las clasificaciones no supervisadas guardan relación con el valor relativo al color, al tono o al clúster (grupo o agrupamientos), para identificar entidades. En este caso concreto, el analista deberá validar el resultado de la clasificación una vez esta haya sido llevada a cabo. En el caso anterior, el operador puede influir en gran medida en el proceso de clasificación mientras esta se está desarrollando, y controlando. En esta segunda técnica de clasificación, la influencia que puede ejercer el operador es prácticamente nula, más allá de seleccionar el algoritmo de clasificación que va a utilizarse (Monterroso Fernando, 2013).

Por norma general, mediante este tipo de técnicas de clasificación deberá llevarse a cabo varias veces el mismo proceso para obtener diferentes resultados, que acabaran agregándose para obtener un resultado final considerado válido. El proceso de clasificación de imágenes ya sea supervisado o no supervisado se puede hacer utilizando una sola banda, en un proceso llamado density slicing, o usando muchas bandas (multiespectral de clasificación (Monterroso Fernando, 2013).

4.6.2 Clasificación de Imágenes Multiespectrales

La clasificación de imágenes Multiespectrales es utilizada para la extracción de información temática de imágenes de satélite de una forma semiautomática utilizando diferentes bandas multiespectrales (3 en adelante).

El proceso de clasificación supervisada de imágenes utilizando imágenes multiespectrales se dividen en dos fases: una fase de entrenamiento que es el proceso en donde el usuario se encarga de recorrer toda la imagen asignándole un valor significativo a cada pixel a los que pertenecen por clase en esta imágenes, seguida de la fase de toma de decisiones, donde el equipo asigna una etiqueta de clase a todos los pixeles, buscando que cada pixel sea lo más similar posible a la respectiva clase en el entrenamiento (Monterroso Fernando, 2013).

4.7 Fundamentos de movimientos en masa

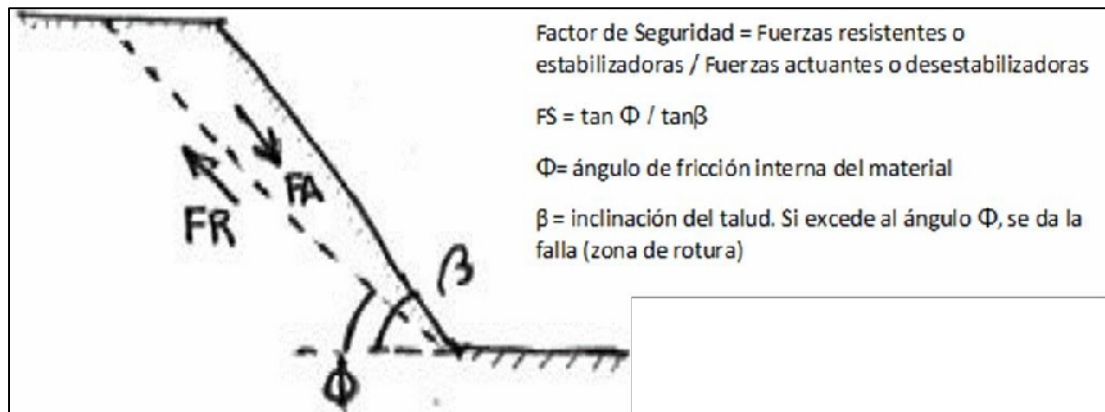
Los movimientos en masa son fenómenos producidos por procesos de la geodinámica externa que modifican la morfología del terreno, los deslizamientos son a su vez la principal manifestación de los movimientos de masa (Aristizábal, Martínez y Vélez, 2010).

Estos movimientos son producto del debilitamiento progresivo de las propiedades mecánicas de los materiales de la ladera, por procesos naturales tales como meteorización, levantamientos tectónicos y actividades humanas que activan movimientos lentos, generalmente imperceptibles, sin embargo un solo factor comúnmente la precipitación o un sismo, es considerado como el estímulo externo que puede generar una respuesta casi inmediata de movilizar los materiales que conforman la ladera, sea por el rápido incremento de los esfuerzos o por la reducción de la resistencia.

De esta forma los factores que controlan la ocurrencia y distribución de los movimientos en masa pueden dividirse en dos categorías: las variables cuasi-estáticas o condicionantes y las variables dinámicas o detonantes. Las variables condicionantes, tales como las propiedades de los suelos, la topografía contribuyen a la susceptibilidad de las laderas y definen la distribución espacial de los movimientos en masa. En tanto, las variables detonantes, tales como el grado de saturación del suelo y la cohesión controlan los factores detonantes de laderas susceptibles. La climatología, los procesos hidrológicos, y las actividades humanas controlan a su vez las variables dinámicas y caracterizan el patrón temporal de los movimientos en masa (Aristizábal, Martínez y Vélez, 2010).

Duque (2003) establece que el movimiento de masas ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo (figura 7). Esto puede ocurrir al aumentar el esfuerzo cortante (sismos, variaciones morfológicas desfavorables, entre otros) o al disminuir la resistencia al corte del suelo (saturación, meteorización, entre otras).

Figura 7. Deslizamiento condicionado por condiciones morfológicas.



Fuente: Escobar. 2003.

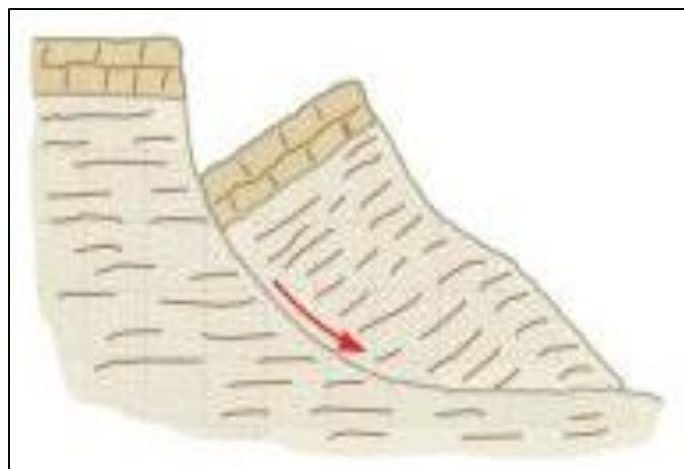
4.7.1 Deslizamientos

Son movimientos que se producen al superarse la resistencia al corte del material y tienen lugar a lo largo de una o varias superficies o a través de una franja relativamente estrecha del material. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles o pueden deducirse razonablemente (Duque Escobar, 2003).

4.7.1.1 Deslizamientos rotacionales

Duque Escobar (2003) indica que los deslizamientos rotacionales tienen lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, de forma aproximadamente circular y cóncava (figura 8).

Figura 8. Deslizamiento rotacional.

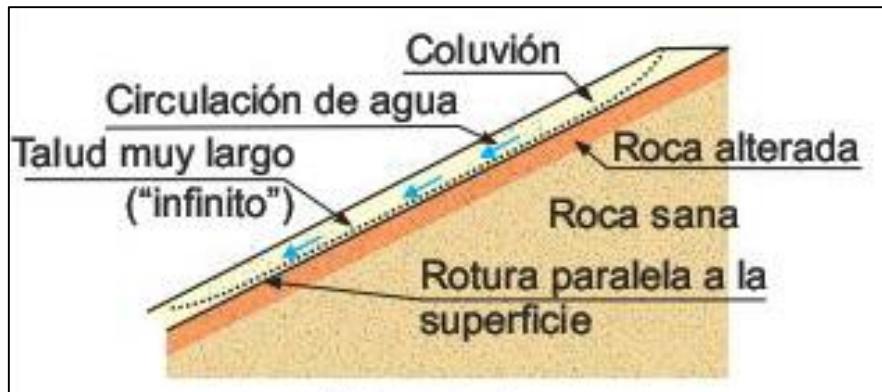


Fuente: González De Vallejo, Ferrer y Otros. 2002.

4.7.1.2 Deslizamientos traslacionales

Duque Escobar (2003) enuncia que en este tipo de deslizamientos la masa de terreno se desplaza hacia afuera y abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o suavemente ondulada, con pequeños movimientos de rotación (figura 9).

Figura 9. Deslizamiento traslacional.



Fuente: González De Vallejo, Ferrer y Otros. 2002.

4.8 Susceptibilidad a deslizamientos

4.8.1 Definición

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 qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. El 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 una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad (Suarez Jaime, 2009).

4.8.2 Clasificación del grado de susceptibilidad a deslizamientos

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

Cuadro 5. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

Grado de Susceptibilidad	Criterio
Muy alta	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.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	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.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.
Fuente: Sarkar y Kanungo. 2004.	

4.8.3 Mapas de susceptibilidad

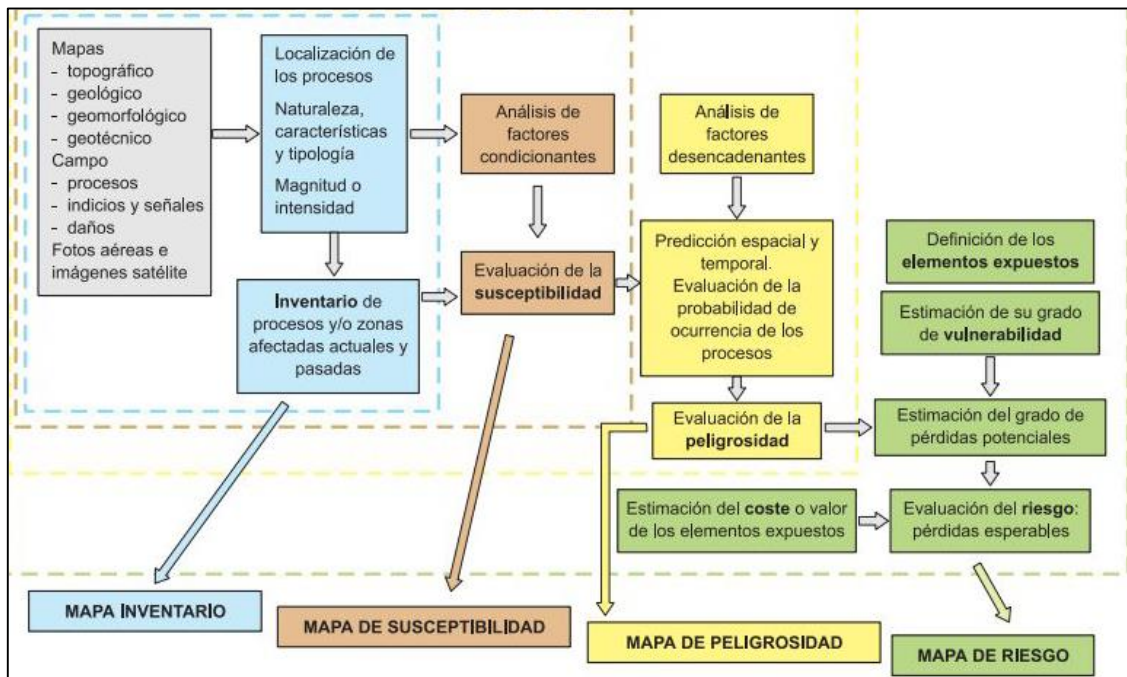
Los mapas de susceptibilidad pueden realizarse en base a:

- **Mapas Inventario:** las áreas que sufren o han sufrido procesos pueden volver a sufrirlos.
- **Mapas de factores:** las áreas en que confluyen determinados factores que condicionan los procesos en una determinada zona o región, aunque éstos no se hayan presentado hasta la actualidad, pueden ser afectadas en un futuro (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

En este último caso, la metodología se basa en la preparación de mapas temáticos de los factores condicionantes y en la superposición de los mismos, estableciéndose el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores. Estos mapas se suelen preparar con técnicas SIG (sistemas de información geográfica), que permiten el análisis automático de los datos y el establecimiento de bases de datos asociadas.

En la siguiente figura se representa la metodología utilizada para la realización de los mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

Figura 10. Metodología para la realización de los mapas de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo.



Fuente: González de Vallejo, Ferrer Y Otros. 2002.

4.8.4 Definición del tamaño de las unidades de trabajo y de zonificación

Cuando se trabaja con información espacial, la representación cartográfica requiere dos conceptos básicos: la ubicación en el espacio de los objetos y sus datos o las características temáticas en sí mismas que lo definen (atributos). La información espacial y la información temática asociada configuran la base para aplicar los SIG.

Las operaciones en SIG para la zonificación de amenaza por movimientos en masa requieren la definición de una unidad de cálculo adecuada o tamaño de la celda (pixel). Esta unidad de cálculo del terreno (UCT) corresponde al dominio referido al territorio con base en el cual se define, calibra y valida un modelo. La definición de su tamaño apropiado depende de la escala de análisis. El área mínima de una UCT, para propósitos de operaciones en un SIG a una escala dada, está relacionada con la resolución espacial de la cartografía y mapas; es decir, la medida del área identificable más pequeña como una unidad separada discreta (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Se debe definir también la unidad de zonificación del terreno (UZT) como la unidad de discretización para producir mapas temáticos con propósitos de zonificación. La UZT no necesariamente debe tener la misma discretización del territorio apropiada para mapas de zonificación; esta última puede contener múltiples UCT (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

El área mínima de una UZT está relacionada con la resolución de la información de la zonificación que se desee (Calvello, 2013).

Comúnmente, con propósito de cálculo, se define la UCT como una unidad cuadrada. La dimensión del tamaño de esta celda está dada por un factor de escala de 1:1000, siendo entonces siempre el mismo tamaño de celda cuadrada en el papel, de 1 x 1 mm. Sin embargo, este tamaño no es apropiado al definirse unidades de zonificación en los mapas. Por lo anterior, de acuerdo con la experiencia del Servicio Geológico Colombiano en la elaboración de cartografía temática de geología y de geomorfología, se sugiere que el tamaño de la UZT mínima cartografiable sea de 400 m² en mapas a escala 1:2000 y de 2500 m² en mapas a escala 1:5000, que correspondería a polígonos aproximados en el papel de 1 x 1 cm (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Las UZT mínimas cartografiables aplican para las coberturas temáticas; sin embargo, los deslizamientos que tengan áreas más pequeñas que las mínimas cartografiables deberán representarse en lo posible como polígonos o, en todo caso, por lo menos por un punto (Calvello et al., 2013).

En el cuadro 6 se relacionan las dimensiones de la UCT adecuadas para las escalas 1:2000 y 1:5000.

Cuadro 6. Dimensiones de las Unidades de Cálculo del Terreno.

Escala de referencia	Dimensiones del pixel elemental - UCT	
	Longitud (m)	Área (m ²)
1:X	X/1000	X ² /10 ⁶
1:2000	2	4
1:5000	5	25
Fuente: Calvello. 2013.		

4.8.5 Metodologías para la elaboración de mapas de susceptibilidad

4.8.5.1 Evaluación directa

A partir de reconocimientos y cartografía geomorfológica de campo; la calidad depende de la experiencia y criterios del profesional a la hora de evaluar la potencialidad de los fenómenos según los materiales y características de las laderas y de los deslizamientos presentes, que son reflejados con el mayor detalle posible que permita la escala de trabajo. Al basarse en trabajos de campo, es más frecuente en estudios locales, aunque el método puede aplicarse a escala regional (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

4.8.5.2 Multicriterio o combinación de factores

Consiste en asignar jerárquicamente los pesos de cada factor y el de cada clase de cada factor.

Este método es válido en zonas con condiciones homogéneas y a escalas medias.

La aplicación de sistemas de información geográfica permite el tratamiento automático de la información y la realización de numerosos análisis con diferentes combinaciones (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

Una vez obtenido los pesos de los factores, se obtiene finalmente un índice de susceptibilidad a los movimientos mediante la suma lineal ponderada de pesos de factores y clases según la expresión:

$$I = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij}$$

Siendo I el índice de susceptibilidad W_j el peso del factor j y X_{ij} el peso de la clase i del factor j (Carcedo Francisco, 2003).

4.8.5.3 Método determinístico

Es 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) (González de Vallejo, Ferrer y Otros, 2002).

Los deslizamientos se presentan cuando la resistencia es menor o igual a los esfuerzos. Estos modelos requieren información específica sobre la estratificación, estructura, propiedades de resistencia de los materiales.

El cálculo del factor de seguridad se realiza generalmente aplicando el método de talud infinito (figura 11). Suarez (2009) indica la expresión para el cálculo, la cual fue establecida por Brunsden y Prior en 1979.

La expresión es la siguiente:

$$FS = \frac{c' + (\gamma - m\gamma_w)z \cos^2 \beta \tan \phi'}{\gamma z \sin \beta \cos \beta}$$

Donde:

FS= Factor de Seguridad;

c' = Cohesión efectiva (Pa);

γ = Peso unitario del suelo (N/m^3);

z = Profundidad de la superficie de falla (m);

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

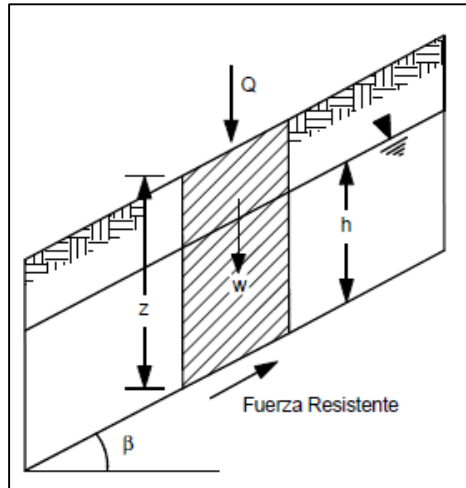
β = Pendiente del terreno ($^\circ$);

ϕ' = Ángulo de fricción efectivo ($^{\circ}$);

$m = zw/z$ (adimensional);

γ_w = Peso unitario del agua (N/m^3).

Figura 11. Talud infinito.



Fuente: Suarez. 2009.

El objetivo es crear un mapa cuantitativo de susceptibilidad o amenaza de acuerdo a los factores de seguridad. Utilizando el análisis de talud infinito, se puede analizar pixel por pixel y realizando el análisis con superficies de falla definidas, se puede estudiar por áreas de mayor extensión (Suarez, 2009).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de campo

Para la fase de campo se utilizaron los siguientes:

- Estación Total Sokkia Set 550 RX.
- Resistivímetro ABEM Terrameter SAS 300B.
- Equipo de SPT.
- GPS Garmin etrex 10.
- Martillo geológico.
- Brújula azimutal Brunton.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.

5.1.2 Materiales de oficina

En la fase de oficina se emplearon los siguientes:

- Computadora portátil.
- Imagen satelital de la zona de estudio del 20/11/2014 con una resolución de 30 cm/pixel, proveniente de Google Earth; georreferenciada en WGS 84.
- Software ArcGIS 10.2; extensión Land Facet Corridor Designer.
- Software ERDAS IMAGINE 2014.
- Software ILWIS 8.3.5; Módulo Evaluación Espacial Multicriterio (SMCE).
- Software AutoCAD 2014.

5.2 Metodología

5.2.1 Primer objetivo

Levantar a detalle la topografía, geología, geomorfología y uso actual del suelo del área de estudio.

5.2.1.1 Topografía

Fase de campo: el levantamiento topográfico se realizó partiendo de dos puntos tomados con GPS marca Garmin modelo etrex 10, en la Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum Horizontal: WGS 84, Datum Vertical: Nivel medio del mar Estación Mareográfica de la Libertad, Zona 17 Sur.

Las coordenadas de partida se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Coordenadas de partida para el levantamiento topográfico.

Denominación	Este	Norte	Altura	Descripción
Estación A	698782	9561616	2029	Ubicada al margen izquierdo de la avenida Salvador Bustamante a la altura de la Empresa ILELSA.
Estación B	698869	9561805	2037	Localizada al margen derecho de la avenida Salvador Bustamante al frente de la Empresa ILELSA, en un área libre, de abundantes pasos. A 208 m de la estación A.
Fuente: Autor. 2016.				

Para el levantamiento topográfico se utilizó una Estación Total marca Sokkia modelo Set 550 RX (fotografía 1), que tiene como principales características una medición electrónica de distancias de 5000 metros con 1 prisma y 400 metros sin prisma en condiciones atmosféricas favorables, con una resolución de 1 décima de milímetro, con ella se establecieron alrededor de 40 puntos de estación para poder abarcar toda el área.

La superficie levantada fue de 130 ha, midiendo además las vías existentes en el sector para que sirvan de referencia en el momento de ubicación de afloramientos, realización de ensayos, entre otros.

Fotografía 1. Estación Total Sokkia Set 550 RX.

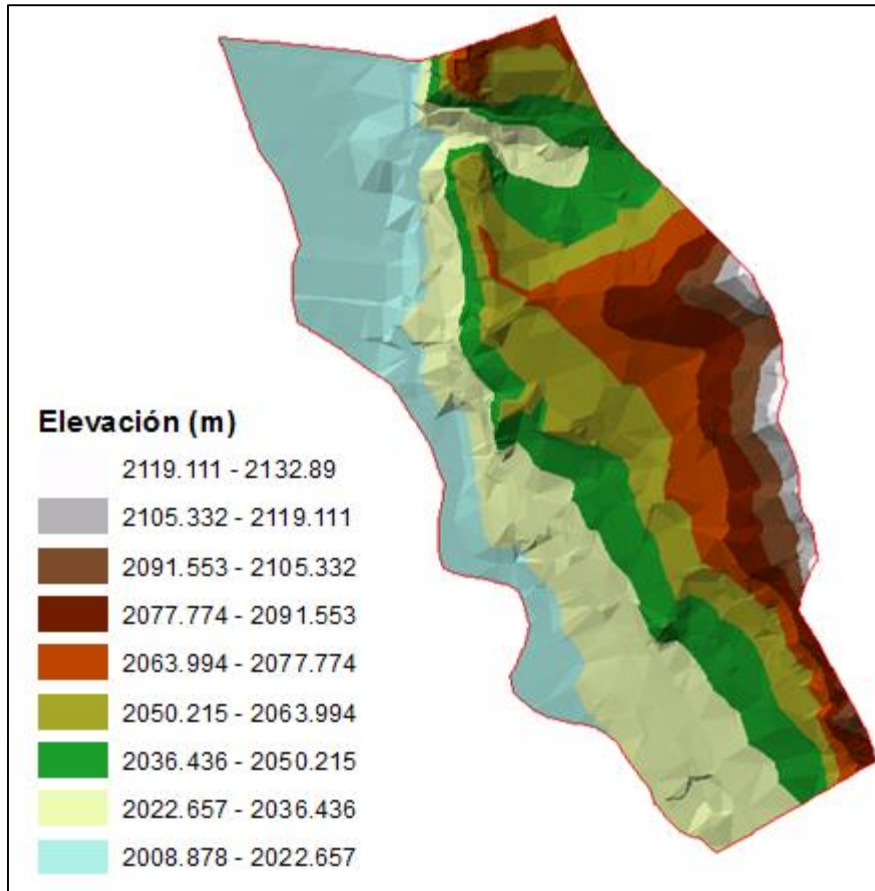


Fuente: Autor. 2016.

Fase de oficina: culminada la fase de campo se descarga los datos (coordenadas X, Y, y Z) en el software ArcGis 10.2. En él se realizó la triangulación de las alturas (modelo TIN); con esto se generó las curvas de nivel, las principales cada 5 metros y secundarias cada metro, elaborando el mapa topográfico a escala 1:5000.

En función del modelo TIN (figura 12) se obtiene el Modelo Digital de Elevación (DEM) con tamaño de celda 5 m x 5 m (escala 1:5000).

Figura 12. Modelo TIN de la zona de estudio.



Fuente: Autor. 2016.

Con el DEM se determinó las pendientes en grados utilizando para ello el software ArcGIS 10.2; y para su categorización de acuerdo a los valores obtenidos se aplicó una clasificación modificada de Demek (1972), la cual se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Categorización de la pendiente.

Rango (°)	Categoría
0 - 2	Plano (planicie)
2 - 5	Ligeramente inclinado
5 - 15	Fuertemente inclinado
15 - 35	Muy inclinado
> 35	Empinado
Fuente: Autor. 2016.	

5.2.1.2 Geología regional

La geología regional se obtuvo bibliográficamente, en la cual se tomó la geología de la hoya de Loja, elaborada por el Ing José Tamay Granda (2004) con el apoyo de la Universidad Técnica particular de Loja. La geología de la Hoya de Loja se encuentra a escala 1:20 000; la misma fue elaborada tomando como bases la carta geológica de Loja a escala 1:100 000, la investigación de Hungerbühler y otros (2001), y el trabajo de Kennerley (1973), razones por las cuales fue considerada.

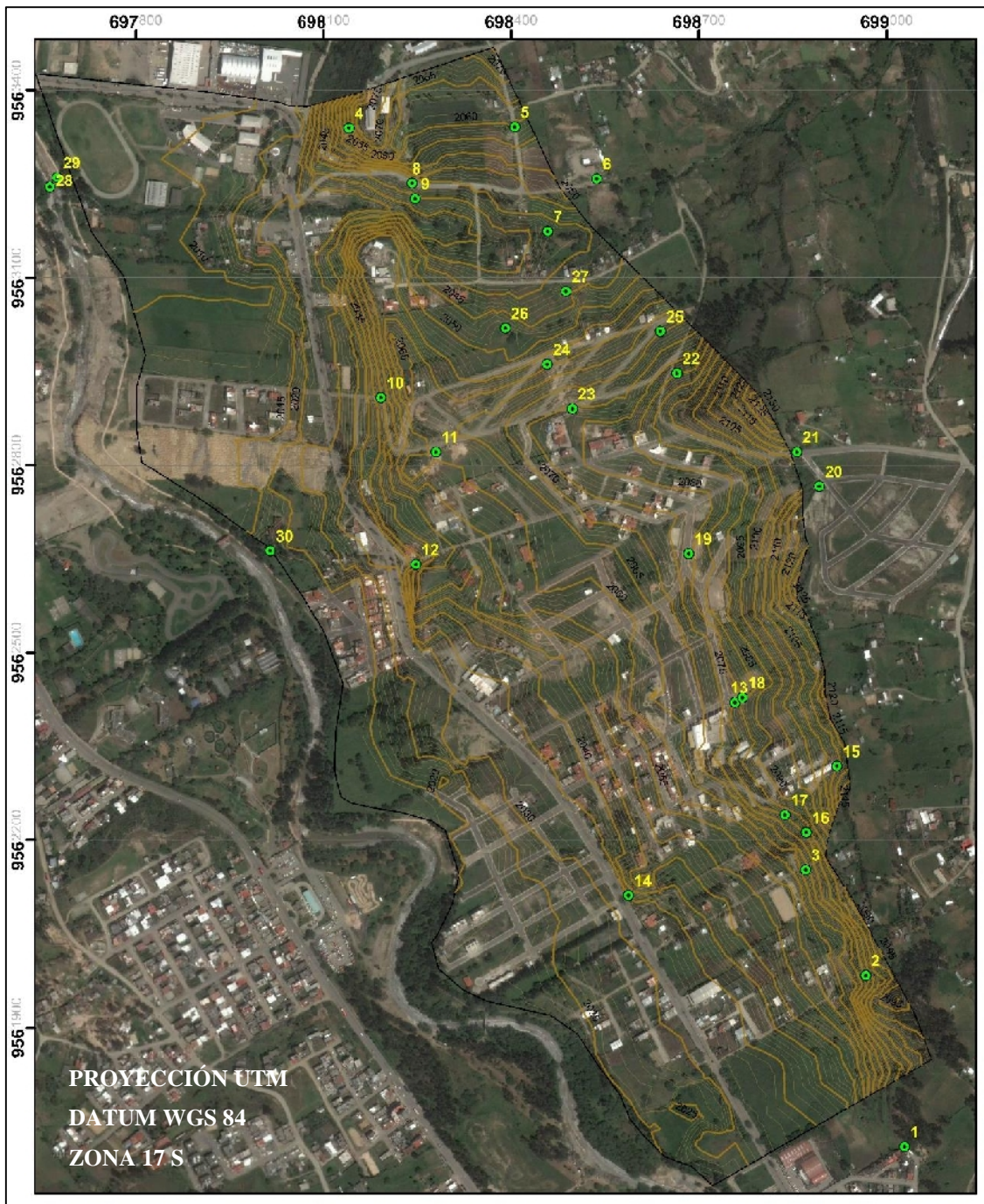
En base a esto se obtuvieron las características geológicas de la Hoya de Loja y su representación cartográfica.

5.2.1.3 Geología local

Fase de campo: esta consistió en la descripción de afloramientos existentes en el sector de estudio, utilizando para ello la brújula Brunton y el martillo geológico; además el GPS para tomar las respectivas coordenadas y poder ubicarlos cartográficamente.

Se identificaron y caracterizaron 30 afloramientos, los cuales la mayoría se encuentran en la parte norte del sector de estudio (figura 13).

Figura 13. Mapa de ubicación de afloramientos.



Fuente: Autor. 2016.

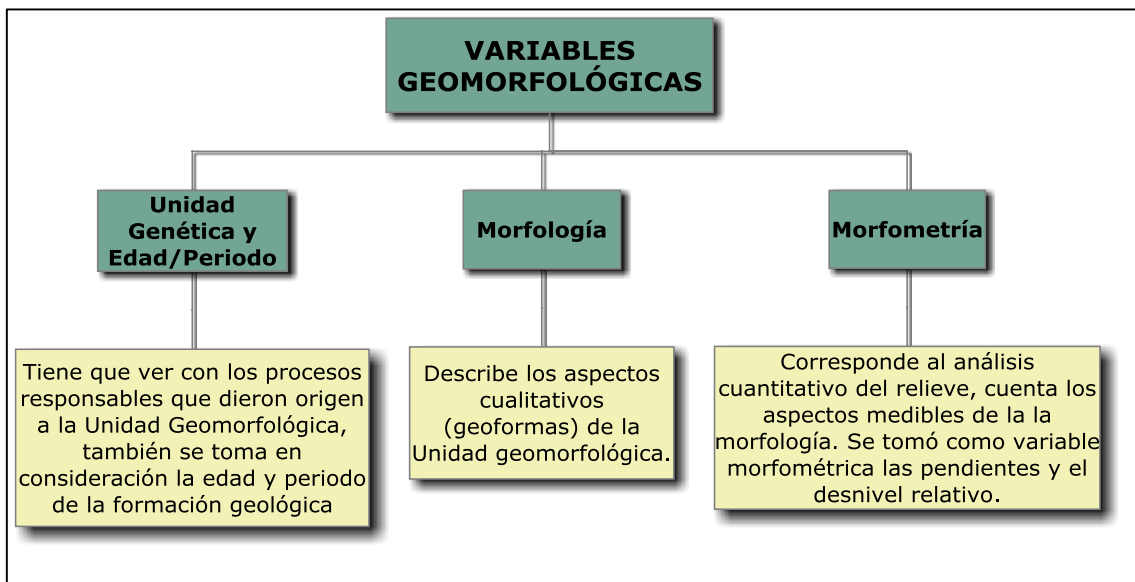
Fase de oficina: con los datos levantados en campo se realizó la cartografía geológica, utilizando el Software ArcGIS 10.2, en la cual se dibujó la geología en formato vectorial (shp.), obteniendo el mapa geológico local a escala 1:5000. En él se describen las litologías encontradas, y un corte geológico.

5.2.1.4 Geomorfología

Se desarrolló tomando como base la metodología establecida por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), ahora Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), para el “Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional a escala 1:25 000”, el cual empezó en el año 2011.

Para el caso de estudio se realizó considerando 3 variables geomorfológicas, las mismas que se muestran en la figura 14.

Figura 14. Variables geomorfológicas.



Fuente: Autor. 2016.

Fase de campo: Se efectuó una observación de campo para describir las características geomorfológicas del área de estudio.

Fase de oficina: con los datos obtenidos en campo se procedió a dibujar las geoformas y determinar las pendientes.

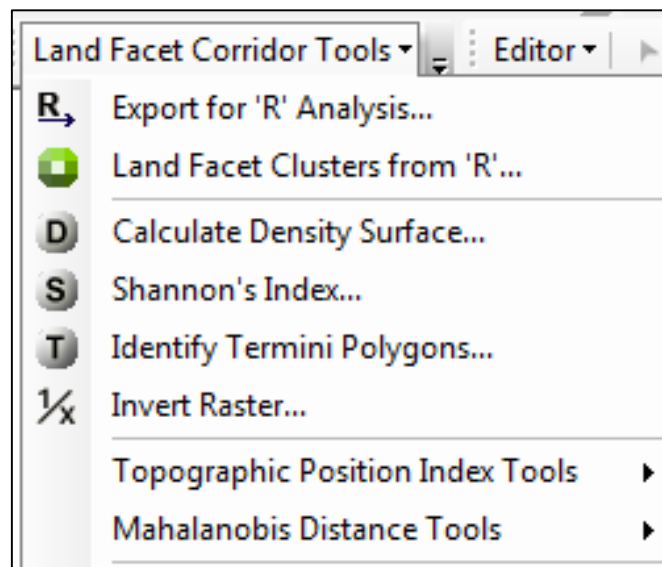
Para las geoformas se requirió del Índice de Posición Topográfica (TPI), la fotografía aérea y las curvas de nivel.

El índice de posición Topográfica y su método de cálculo fue establecido por Weiss (2001), el cual indica que el TPI es la diferencia de elevación de un punto central y la media de elevación a su alrededor con un radio de acción predeterminado.

Pinheiro y Taborda (2014) enuncian que los valores positivos obtenidos por el TPI representan lugares que son más elevados que la media de su entorno, caracterizando, por ejemplo, las crestas. Los valores negativos, por su vez, representan las localidades más rebajadas en relación a su vecindad, caracterizando valles o depresiones; y los valores próximos a cero representan superficies de declive constante, destacado en áreas planas.

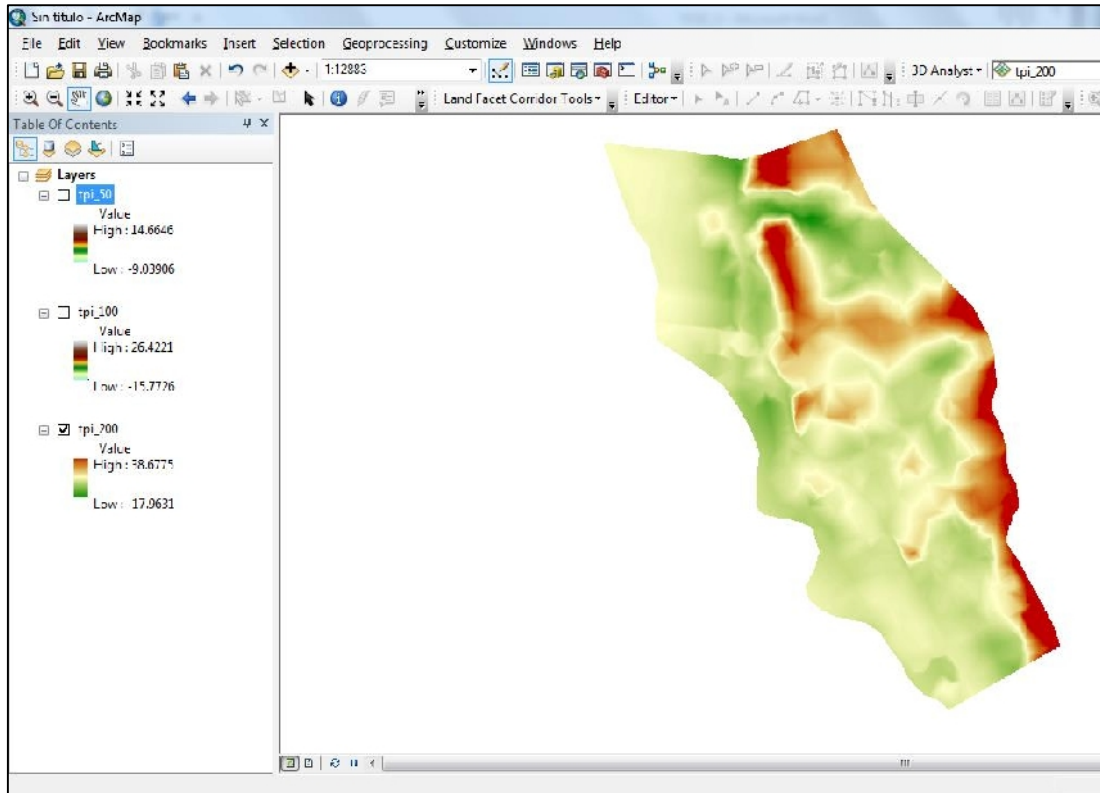
Para obtener el TPI se requirió el DEM del área de estudio y la extensión Land Facet Corridor Designer (figura 15) para el software ArcGIS. Se elaboraron los TPI a radios de acción de 25, 50, 100 y a 200 metros (figura 16) para un mejor análisis.

Figura 15. Extensión Land Facet Corridor Designer.



Fuente: Autor. 2016.

Figura 16. TPI a 200 m.



Fuente: Autor.

En base a los TPI, con el apoyo de la fotografía aérea, datos de campo y curvas de nivel, se procedió a dibujar las geoformas en el Software ArcGIS; en formato vectorial.

Para la variable morfométrica se precisó de las pendientes en porcentaje para categorizarlas de acuerdo a la clasificación aplicada por CLIRSEN (Cuadro 2), estas se determinaron de igual manera en función del modelo digital de elevación. Se requirió además de las curvas de nivel para deducir el desnivel relativo (Cuadro 3).

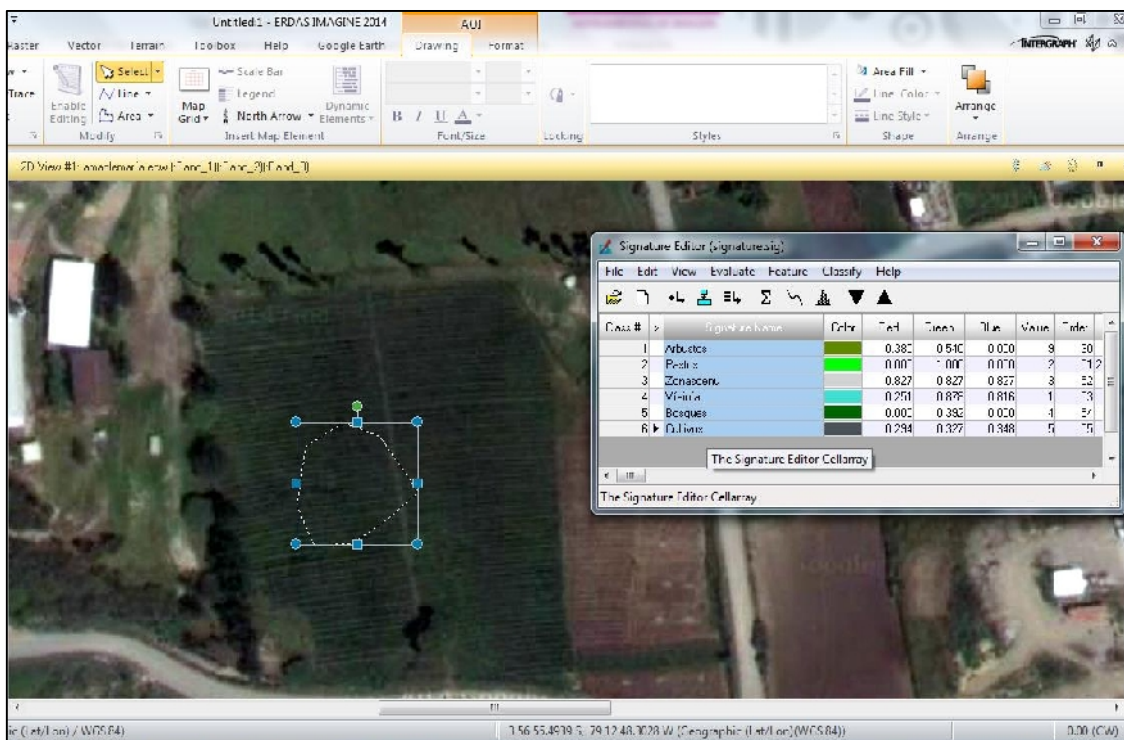
Determinadas todas las variables geomorfológicas, se procedió a unificarlas en la cobertura de las geoformas, en la cual se creó campos para la Unidad genética y Edad/Periodo, Unidad geomorfológica y Morfometría, dando como resultado la geomorfología del sector de estudio a escala 1:5000.

5.2.1.5 Uso actual del suelo

Para determinar el uso actual del suelo se desarrolló un trabajo de oficina, en la que se utilizó el método de clasificación supervisada, aplicada en la imagen satelital del lugar de estudio tomada el 20 de noviembre del 2014 y a escala 1:5000; esto por medio del software ERDAS IMAGINE 2014. Con esto se realizó una validación y corrección de lo visto en el campo con el software ArcGIS 10.2, obteniendo al final el mapa de uso actual del suelo a escala 1:5000. Este proceso se detalla en los siguientes pasos:

- 1.- Cargar la Imagen satelital georreferenciada al software ERDAS IMAGINE 2014.
- 2.- Realizar el muestreo de los diferentes usos del suelo identificados, con lo que se crea el archivo de firma (signature) de las clases espectrales (figura 17).

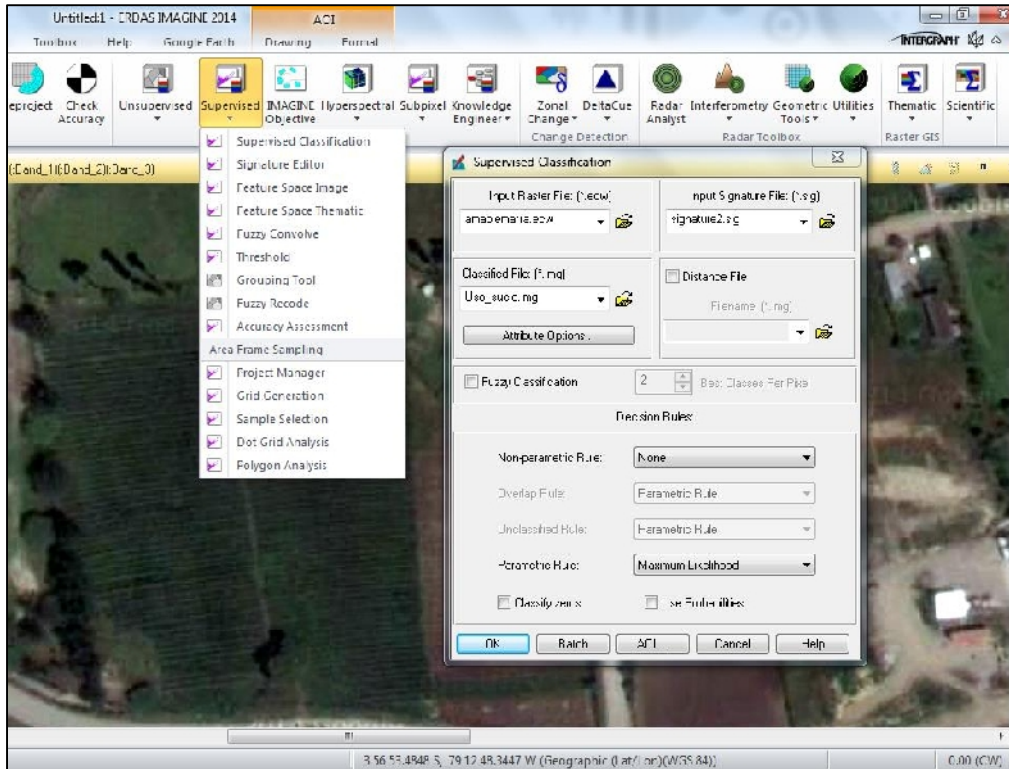
Figura 17. Muestreo de usos de suelo en ERDAS IMAGINE.



Fuente: Autor. 2016.

- 3.- Se realiza la clasificación supervisada con el archivo de firma, en el modo máxima verosimilitud (maximum likelihood; figura 18).

Figura 18. Clasificación supervisada en ERDAS IMAGINE.



Fuente: Autor. 2016.

4.- En el software ArcGIS 10.2 se procede a convertir el raster generado a formato vectorial, y recortar en función del polígono de estudio.

5.- Se realiza la validación y corrección de lo visto en campo, y se procede a elaborar el mapa de uso actual del suelo a escala 1:5000.

5.2.2 Segundo Objetivo

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

5.2.2.1 Sondeos eléctricos verticales (SEV)

Fase de campo: Se realizaron 4 SEV, en el cuadro 9 se indican las coordenadas de ubicación de las líneas (en proyección UTM Datum WGS 84 Zona 17 Sur).

Cuadro 9. Ubicación de los SEV.

N° SEV	X	Y
1	698318	9563008
2	698540	9562557
3	698808	9561809
4	698713	9562150

Fuente: Autor. 2016.

Para la realización de los SEV se utilizó el resistivímetro ABEM Terrameter SAS 300B (fotografía 2), así mismo de otros implementos necesarios como electrodos, carretes de cable, brújula brunton, fichas de campo.

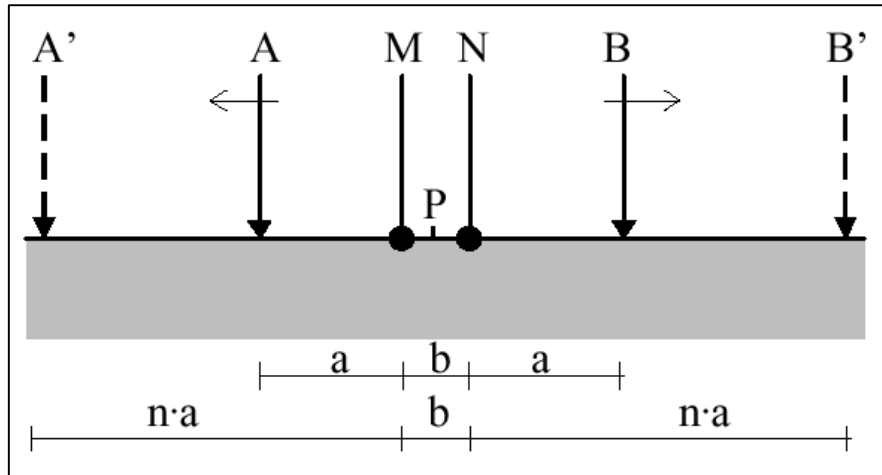
Fotografía 2. Resistivímetro ABEM Terrameter SAS 300B.



Fuente: Autor. 2016.

Se empleó la configuración o arreglo Schlumberger (1914), que es una composición simétrica de los electrodos AMNB en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB (figura 19).

Figura 19. Configuración Schlumberger.



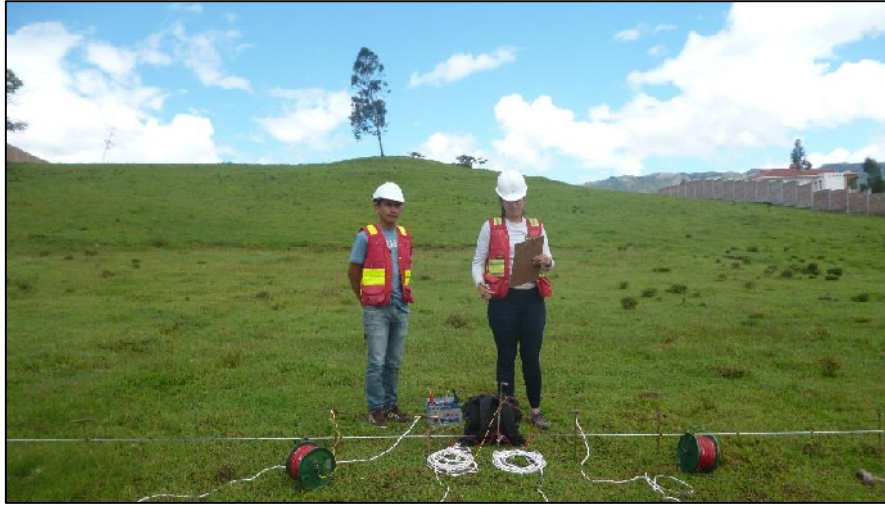
Fuente: Cheloti, Acosta y Foster. 2009.

El sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectores A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo P. La representación de este sondeo muestra en ordenadas ρ_a , (resistividad aparente en Ωm) y en abscisas la distancia $AB/2$ (m) (Cheloti, Acosta y Foster, 2009).

Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos. Cuando la distancia AB se hace tan grande que la diferencia de potencial MN es muy chica, entonces se mueven M y N, de modo que el intervalo b se hace suficientemente mayor y por lo tanto también mayor la diferencia de potencial y se recomienza a abrir A y B progresivamente, pero siempre repitiendo un par de puntos comunes a dichos empalmes (figura). El método de cálculo es tal que da siempre resultados de ρ consistentes (Cheloti, Acosta y Foster, 2009).

El **SEV 1** se ubicó en la parte norte del sector de estudio en las coordenadas X: 698318; Y: 9563008, a una altitud de 2048 m; debido a las características topográficas y de accesibilidad, así como para poder analizar esa zona por su litología. Se dispuso la línea de modo que esté lo más perpendicular a la pendiente posible, para una interpretación más simple y precisa, la línea tuvo un azimut de 342° y una abertura máxima $AB/2$ de 50 m (fotografía 3).

Fotografía 3. SEV 1.



Fuente: Autor. 2016.

El **SEV 2** se realizó en la parte central norte del sector; en las coordenadas X: 698540; Y: 9562557 y a 2057 m de altitud. Se eligió la zona en función del área disponible, topografía favorable, buena accesibilidad, litología de interés y distancia no tan alejada con respecto al SEV 1; la línea tuvo un azimut de 64° y una abertura máxima AB/2 de 70 m (fotografía 4).

Fotografía 4. SEV 2.



Fuente: Autor. 2016.

EL **SEV 3** se efectuó al Sur de la zona de estudio en las coordenadas X: 698808; Y: 9561809, a una altitud de 2034 m. Abarcando así esa área, se ubicó en función del área disponible y excelentes condiciones topográficas para su ejecución.

Se dispuso la línea de forma perpendicular a la pendiente, tuvo un azimut de 336° y una abertura máxima AB/2 de 70 m (fotografía 5).

Fotografía 5. SEV 3.



Fuente: Autor. 2016.

Se realizó el **SEV 4** en la parte central sur, a una distancia cercana al SEV 3 en las coordenadas X: 698713; Y: 9562150, a 2050 m de altitud. Se ubicó en una zona de buenas condiciones topográficas, área accesible y litología de interés. Se dispuso la línea lo más perpendicular a la pendiente posible, tuvo un azimut de 346° (fotografía 6) y una abertura máxima AB/2 de 50 m.

Fotografía 6. SEV 4.



Fuente: Autor. 2016.

En la figura 20 se muestra el mapa de ubicación de los SEV.

Figura 20. Mapa de ubicación de los SEV.



Fuente: Autor. 2016.

Fase de oficina: con los datos de la resistividad aparente medidos en el campo se procedió a realizar el cálculo de cada SEV, esto a través de ESTSUELCON CIA. LTDA., utilizando el software IXID V3. Con esto se determinó la potencia de los estratos, la resistividad de cada uno y los perfiles eléctricos.

Para la interpretación del tipo de geomaterial en función de la resistividad del estrato se basó en la geología levantada anteriormente y en los valores típicos de resistividades de rocas-suelos sedimentarios y agua, los mismos que se exponen en los cuadros 10 y 11 respectivamente.

Cuadro 10. Resistividades de rocas y suelos sedimentarios

Tipo de roca	Intervalo de resistividad (ohm-m)
Lutitas consolidadas	20 a 2×10^3
Argilitas	10 a 8×10^2
Conglomerados	2×10^3 a 10^2
Areniscas	1 a 6.4×10^8
Dolomías	3.5×10^2 a 5×10^3
Arcillas saturadas no consolidadas	20
Margas	3 a 70
Arcillas	1 a 100
Arcillas saturadas	5 - 20
Aluviones y arenas	10 a 800
Arenas con petróleo	4 a 800
Fuente: Telford, Geldart, Screriff, and Keys. 1976.	

Cuadro 11. Resistividad del agua

Tipo de agua	Intervalo de resistividad (ohm-m)
Aguas de lago	10^3 a 3×10^3
Aguas dulces superficiales	10 a 10^3
Aguas salobres superficiales	2 a 10
Aguas subterráneas	1 a 20
Aguas de lagos salados	0.1 a 1
Aguas marinas	0.2
Aguas de impregnación de roca	0.03 a 10
Fuente: Orellana. 1982.	

Se elaboró 3 cortes geoelectricos entre los SEV 1-2, 2-4, 3-4 y 1-4. Cabe recalcar que los SEV se ubicaron aproximadamente en una misma recta y paralelos para poder obtener una correlación más precisa de los sondeos; a excepción del SEV 2 (figura 20), que por condiciones del terreno y espacio se dispuso de forma perpendicular a los demás, pero conservando el eje, así también la litología donde se situó es homogénea, del tipo sedimentario, lo que indica que no han de existir variaciones de la resistividad de acuerdo a su orientación. Por lo cual se lo consideró para la elaboración de los cortes geoelectricos. Se utilizó para su representación el software AutoCAD 2014.

5.2.2.2 SPT

Fase de campo: Se realizaron 5 sondeos de penetración estándar (SPT) en la zona de estudio. Las coordenadas (en proyección UTM Datum WGS 84 Zona 17 Sur) de ubicación se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Ubicación de los SPT.

N° SPT	X	Y
1	698628	9562922
2	698290	9562878
3	697944	9562960
4	698480	9563214
5	698753	9562459

Fuente: Autor. 2016.

Los SPT se realizaron hasta una profundidad de 4 m a excepción del primero que no se pudo profundizar hasta el cuarto metro debido a la elevada resistencia del geomaterial. Se efectuaron hasta esa profundidad para analizar la susceptibilidad a deslizamientos por el método determinístico, el cual es efectivo para deslizamientos superficiales y del tipo traslacional, que son los que se pudo observar en la zona de estudio.

El proceso para realizar el SPT consiste en los siguientes pasos:

1.- Para realizar la prueba el muestreador se enrosca al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad donde se encuentra el manto arena sobre el cual se va hacer la el manto sobre el cual se va hacer la prueba. Previamente el fondo del pozo debe prueba. Previamente el fondo del pozo debe haberse limpiado cuidadosamente para garantizar que el material no esté alterado.

2.- Se coloca el martillo en posición guiado por la tubería de perforación, elevándolo con un cable accionado manual o mecánicamente, el cual se encuentra suspendido del trípode con polea.

3.- Se deja caer el martillo sobre el cabezote de la tubería de perforación y se contabiliza el número de golpes aplicado con la altura de caída especificada, para cada uno de los segmentos de 15cm marcados. No se tienen en cuenta los golpes para el primer segmento puesto que es el de penetración inicial al terreno. Se suman los golpes aplicados para que penetre el tubo en el segundo y tercer segmento, obteniéndose así el valor de “N”.

4.- Se lleva a la superficie el muestreador y se abre; obteniendo la muestra la cual se guarda en una doble funda plástica con su respectiva etiqueta, para su posterior traslado al laboratorio.

El **SPT 1** se realizó en la parte noreste del sector en las coordenadas X: 698628; Y: 9562922, a una altura de 2083 m (fotografía 7) por su cercanía a una zona inestable.

Fotografía 7. SPT 1.



Fuente: Autor. 2016.

Se obtuvieron los testigos y el número de golpes hasta 3 m de profundidad (fotografía 8), al cuarto metro dio rechazo por la alta resistencia del geomaterial.

Fotografía 8. Testigos de perforación del SPT 1.



Fuente: Autor. 2016.

El **SPT 2** se ubicó en las coordenadas X: 698290; Y: 9562878, a 2064 m de altitud. Se lo realizó por el interés de conocer las características geotécnicas de la capa superficial de las lutitas (fotografía 9).

Fotografía 9. SPT 2.



Fuente: Autor. 2016.

Se obtuvieron los testigos de perforación y el número de golpes hasta 4m de profundidad (fotografía 10).

Fotografía 10. Testigos de perforación del SPT 2.



Fuente: Autor. 2016.

El **SPT 3** se realizó en las coordenadas X: 697944; Y: 9562960, a 2011 m de altitud. Se lo efectuó para determinar las características geotécnicas de la terraza aluvial (fotografía 11).

Fotografía 11. SPT 3.



Fuente: Autor. 2016.

Se consiguieron los testigos de perforación y el número de golpes hasta 4 m de profundidad (fotografía 12).

Fotografía 12. Testigos de perforación del SPT 3.



Fuente: Autor. 2016.

El **SPT 4** se ubicó en las coordenadas X: 698480; Y: 9563214, a una altitud de 2045 m. Se realizó para determinar las características geotécnicas de las arcillas y material aluvial, además de constituir una zona inestable (fotografía 13).

Fotografía 13. SPT 4.



Fuente: Autor. 2016.

Se obtuvieron los testigos de perforación y el número de golpes hasta 4m de profundidad (fotografía 14).

Fotografía 14. Testigos de perforación del SPT 4.



Fuente: Autor. 2016.

El **SPT 5** se realizó en las coordenadas X: 698753; Y: 9562459, a 2080 m de altitud. Se lo efectuó para determinar las características geotécnicas de los sedimentos no consolidados, que se encuentran constituyendo una zona inestable (fotografía 15).

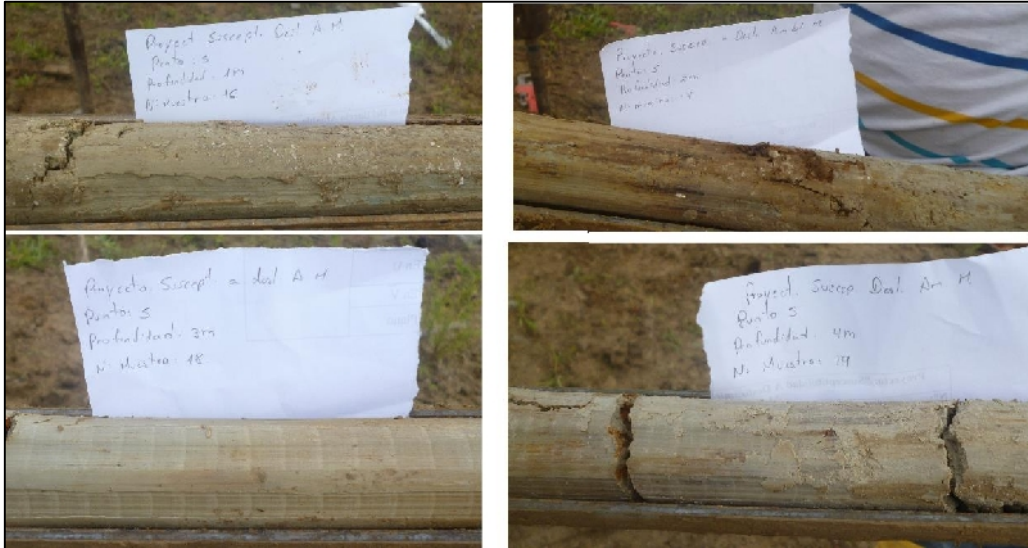
Fotografía 15. SPT 5.



Fuente: Autor. 2016.

Se consiguieron los testigos de perforación y el número de golpes hasta 4 m de profundidad (fotografía 16).

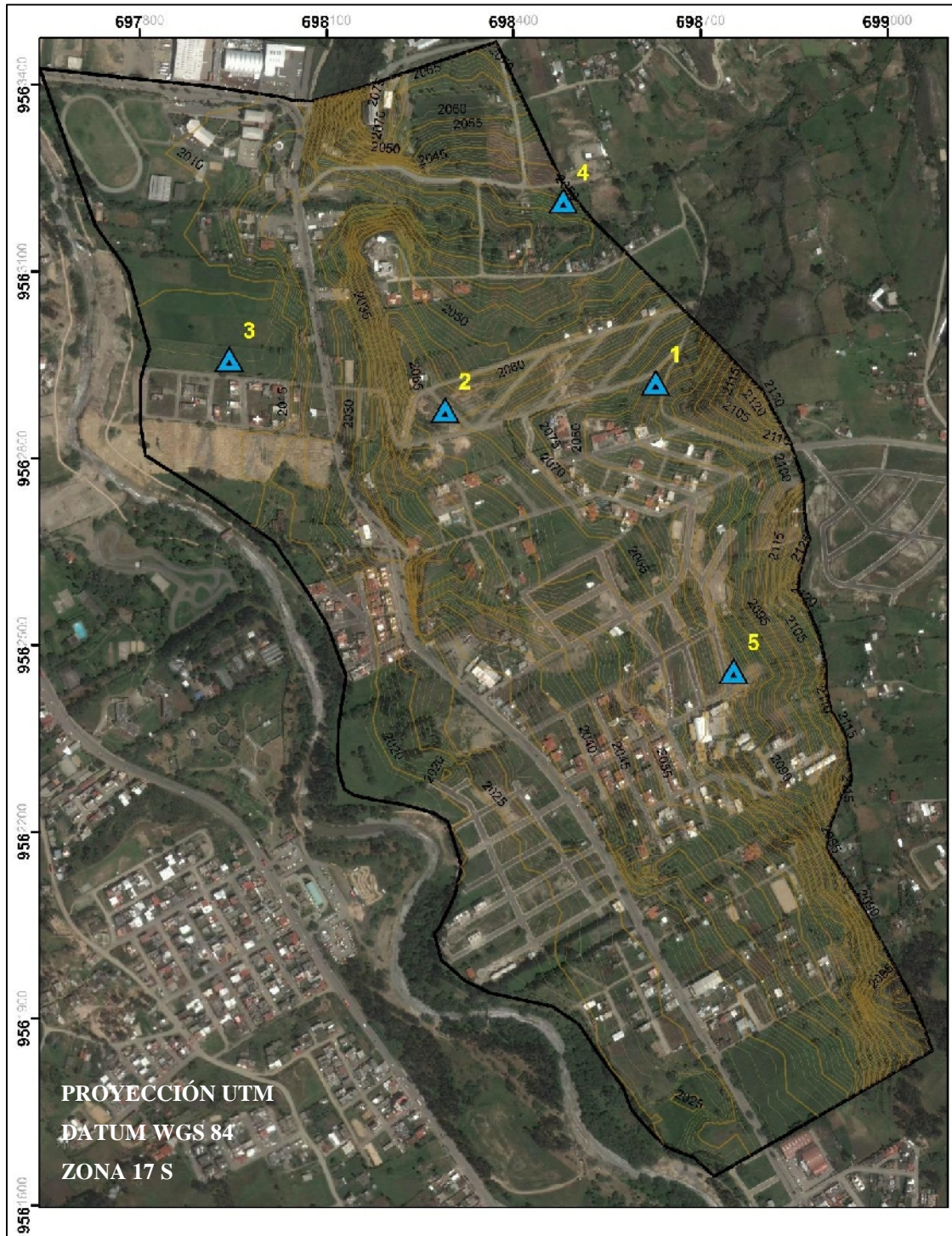
Fotografía 16. Testigos de perforación del SPT 5.



Fuente: Autor. 2016.

En la figura 21 se muestra el mapa de ubicación de los SPT.

Figura 21. Mapa de ubicación de los SPT.



Fuente: Autor. 2016.

Fase de oficina: con los datos obtenidos en el campo y de los análisis de laboratorio realizados por ESTSUELCON CIA. LTDA., de los testigos de perforación, se procedió a describir las características geotécnicas de los geomateriales.

Para suelos granulares se asumió que la cohesión es igual a 0, esto según Braja (2001). En las arcillas el ángulo de fricción efectivo es menor, que va generalmente de 0° a 14°, debido a que sus partículas son muy finas; por lo que para obtener un valor aproximado se comparó con el número de golpes obtenido en el SPT (cuadro 13).

Cuadro 13. N_{SPT} y ángulo de fricción efectivo para arcillas.

N_{SPT}	Ángulo de fricción efectivo (°)
< 2	0
2 - 4	0 - 2
4 - 8	2 - 4
8 - 15	4 - 6
15 - 30	6 - 12
> 30	> 14
Fuente: Crespo. 2004.	

Para determinar algunas características geotécnicas se correlacionó los ensayos SPT con los siguientes cuadros.

Cuadro 14. Compacidad en suelos no cohesivos.

N_{SPT}	Compacidad
0 - 4	Muy floja
5 - 10	Floja
11 - 30	Media
31 - 50	Densa
> 50	Muy densa
Fuente: Hunt. 1984.	

Cuadro 15. Consistencia en suelos cohesivos.

N_{SPT}	Consistencia
0 - 2	Muy blanda
2 - 4	Blanda
4 - 8	Media
8 - 15	Firme
15 - 30	Muy firme
> 30	Dura
Fuente: Hunt. 1984.	

Cuadro 16. Relación de la densidad seca y compacidad en suelos no cohesivos.

Material	Compacidad	Densidad seca (g/cm³)
GW	Densa	2.21
	Medianamente densa	2.08
	suelta	1.97
GP	Densa	2.04
	Medianamente densa	1.92
	suelta	1.83
SW	Densa	1.89
	Medianamente densa	1.79
	suelta	1.70
SP	Densa	1.76
	Medianamente densa	1.67
	suelta	1.59
SM	Densa	1.65
	Medianamente densa	1.55
	suelta	1.49
ML	Densa	1.49
	Medianamente densa	1.41
	suelta	1.35
Fuente: Hunt. 1984.		

Cuadro 17. Relación de la densidad saturada y consistencia en suelos cohesivos.

Consistencia	Densidad saturada (g/cm³)
Dura	> 2.0
Muy firme	2.08 – 2.24
Firme	1.92 – 2.08
Media	1.76 – 1.92
Blanda	1.60 – 1.76
Muy blanda	1.44 – 1.60
Fuente: Hunt. 1984.	

Cuadro 18. Densidad seca de los suelos según SUCS.

División Principal	Símbolo	Densidad seca (g/cm³)
Gravas	GW	2.00 – 2.24
	GP	1.76 – 2.08
	GM	2.08 – 2.32
	GC	1.92 – 2.24
Arenas	SW	1.76 – 2.08
	SP	1.60 – 1.92
	SM	1.68 – 2.08
	SC	1.68 – 2.08
Limos y arcillas (LL < 50%)	ML	1.60 – 2.00
	CL	1.60 – 2.00
	OL	1.44 – 1.70
Limos y arcillas (LL > 50%)	MH	1.28 – 1.60
	CH	1.44 – 1.76
	OH	1.28 – 1.68
Suelos orgánicos	Pt	-
Fuente: Bañón y Beviá. 2000.		

Con la densidad seca correlacionada y la humedad del suelo determinada en laboratorio, se calculó el peso específico del suelo a través de la siguiente relación (BRAJA, 2001).

$$\gamma = \delta s(1 + \omega)g$$

Donde:

γ = Peso específico del suelo (KN/m³).

δs = densidad seca del suelo (g/cm³).

ω =Humedad del suelo (% expresado en decimales).

g = Gravedad, 9.81 m/s².

Se calculó la cohesión efectiva a través de la siguiente expresión propuesta por Skempton (1957).

$$c' = (0.11 + 0.0037 IP)tv'$$

Donde:

c' = Cohesión efectiva (KPa).

IP= Índice de plasticidad (expresado en enteros del porcentaje).

tv' = Tensión vertical efectiva (KPa).

Para la tensión vertical efectiva se basó en lo establecido por Terzaghi (1936).

$$tv' = tv - u$$

$$tv = \gamma h$$

$$u = \gamma_w h$$

$$\text{Cuando } u=0 \quad tv' = tv$$

Donde:

tv = Tensión vertical total (KPa, figura 22).

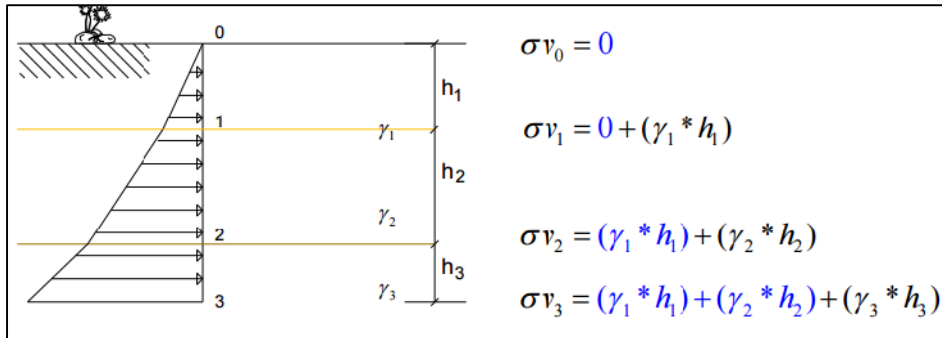
u =Presión neutra o presión del agua cuando existe nivel freático (KPa).

h = Potencia del estrato (m).

γ = Peso específico del suelo (KN/m³).

γ_w = Peso específico del agua (9.81 KN/m³).

Figura 22. Tensiones verticales según Terzaghi.



Fuente: Universidad Politécnica de Madrid. 2016.

Con respecto a la capa de conglomerados y areniscas no fue viable realizar el ensayo debido a la alta resistencia por lo que para su caracterización se realizó en función de su granulometría vista en campo y datos bibliográficos (cuadros 18 y 19).

Cuadro 19. Ángulo de fricción efectivo en materiales no cohesivos y rocas.

Materiales	Ángulo de fricción efectivo (°)
Arenas	28-34
Gravas	34-37
Lutitas	20-27

Fuente: Asociación de Ingenieros de Minas del Ecuador. 2014.

Para determinar el comportamiento del geomaterial arcilloso se utilizó la metodología propuesta por Skempton en 1953, que es a través de un número de actividad. La actividad es un término que se aplica a los suelos plásticos con propensión a padecer cambios en su volumen en presencia de diferentes contenidos de humedad. Así Skempton (1953) estableció la siguiente relación:

$$A = \frac{IP}{C}$$

Donde:

A: número de actividad.

C: Fracción de Arcillas (% finos < 2 mm).

IP: Índice de plasticidad (%).

En el cuadro 20 se muestra la clasificación, el tipo de arcillas y su potencial cambio de volumen en función del número de actividad (A).

Cuadro 20. Clasificación, tipo de arcillas y potencial cambio de volumen según A.

Actividad	Clasificación	Tipo de Arcilla	Potencial Cambio de Volumen
<0.75	Inactiva	Caolinita	Bajo
0.75 - 1.25	Normal	Ilita	Medio
>1.25	Activa	Montmorillonita	Alto
Fuente: Skempton. 1957.			

Se realizó el cálculo de la cimentación superficial para una infraestructura estándar, con zapatas aisladas, esto en función de las carga admisibles determinadas por ESTSUELCON CIA LTDA; las expresiones usadas para el cálculo se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 21. Expresiones para el cálculo de la cimentación.

Parámetro	Expresión	Simbología
Área colaborante	$A_c = a_1 \times b_1$	A_c = Área colaborante $a_1 \times b_1$ = área de la losa C = Carga de la infraestructura CM = carga muerta CV = carga viva Q = Carga total q = Relación de la carga total y el área de la zapata q_{ad} = Carga admisible del terreno
Carga infraestructura	$C = CM + CV$	
Carga total	$Q = (C \times A_c)4$	
Relación Carga Vs. Capacidad Portante	$q = Q/A$ vs q_{ad}	
Acimentación	$A = Q/q_{ad}$	
Fuente: Crespo. 2004.		

5.2.3 Tercer Objetivo

Elaborar los mapas de susceptibilidad a deslizamientos; a través de los métodos multicriterio y determinístico.

5.2.3.1 Método multicriterio

Para la evaluación multicriterio se utilizó el método de análisis jerárquico de Saaty o de comparación por pares y el método directo. El primero fue aplicado a los criterios, en este caso geología, pendientes, geomorfología y uso actual de suelo; y el segundo a las clases de los mismos.

El análisis jerárquico propuesto por Saaty en 1980, constituye un procedimiento de comparación por pares de los criterios, que parte de una matriz cuadrada en la cual, el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Para rellenar esta matriz Saaty construyó una escala de medida, a fin de poder realizar las comparaciones pertinentes. Esta escala se divide en nueve intervalos con el siguiente significado:

1 = igualmente importante.

3 = ligeramente más importante.

5 = notablemente más importante.

7 = demostrablemente más importante.

9 = absolutamente más importante.

El resultado de las comparaciones pareadas es una matriz cuadrada, $A=(a_{ij})$, positiva y recíproca ($a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$), cuyos elementos, a_{ij} , son una estimación de las verdaderas razones (w_i/w_j) entre las prioridades asociadas a los elementos comparados ($w_j, j=1, \dots, n$).

En el cuadro 22 se muestra un ejemplo de esta matriz, en la cual se rellena por columnas comparando los criterios de las filas con los de la primera columna. Los pesos (W) normalizados a suma 1 se obtienen mediante el cálculo del autovector principal de la matriz, que se puede calcular bien de forma general o usando cualquier método de aproximación numérica.

Cuadro 22. Matriz de comparación por pares.

	A1	A2	A3	W
A1	1	3	7	0.6
A2	1/3	1	3	0.23
A3	1/7	1/3	1	0.17

Fuente: Márquez. 1999.

El procedimiento matemático seguido en su obtención es el método del autovector principal por la derecha (Saaty, 1980). Este método, basado en el teorema de Perron Frobenius, proporciona las prioridades locales resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$Aw = n \max w, \text{ con } \sum_j w_j = 1$$

Donde $A=(a_{ij})$ es la matriz recíproca de comparaciones pareadas, $n \max$ el autovalor principal de A , y $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ el vector de prioridades locales medidas en escala de razón y normalizadas para tener unicidad.

En el modelo jerárquico Analítico se dice que el decisor, o persona que introduzca los juicios, es consistente, si la matriz de comparaciones pareadas lo es. Para evaluar la consistencia del decisor se calcula la denominada razón de inconsistencia (RC), un índice no estadístico que viene dada como el cociente entre el índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatorio (ICA), esto es:

$$RC = IC/ICA(n)$$

Donde:

$$IC = \frac{n \max - n}{n-1}$$

ICA es el índice de consistencia medio obtenido al simular aleatoriamente los juicios para las matrices recíprocas de orden n . Los valores del Índice de Consistencia Aleatorio para los diferentes n , obtenidos mediante la simulación de 100 000 matrices (Moreno Jiménez, 2001) se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Índice de Consistencia Aleatorio para distintos valores n.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ICA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535
Fuente: Moreno Jiménez José. 2001.										

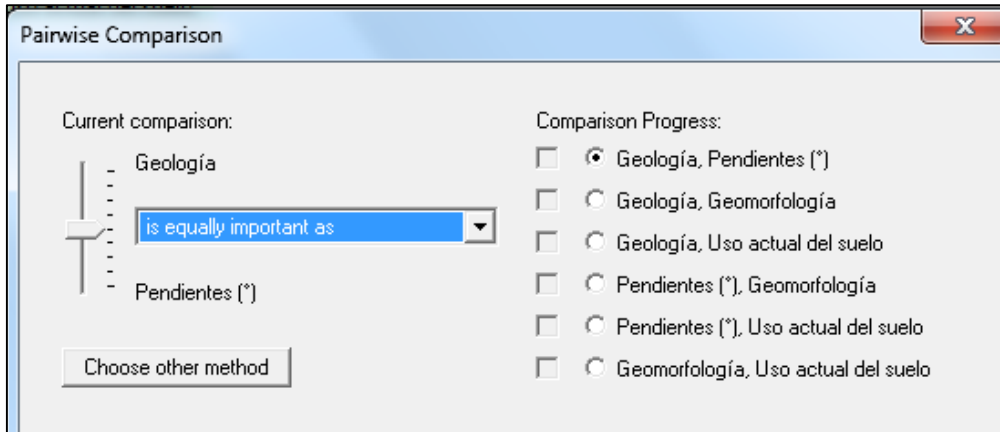
Para establecer si el juicio entre las variables es el correcto, la razón de inconsistencia, debe ser menor al 0.1 (10%), con lo cual el juicio es aceptable, sino se lo deberá revisar nuevamente.

El método directo consiste en asignar manualmente la ponderación, dando la importancia relativa a cada clase (Barba-Romero y Pomerol, 1997). En este caso se estableció una escala de valoración del 1 al 5, en relación al grado de susceptibilidad a deslizamientos planteado por Sarkar y Kanungo en el 2004 (cuadro 5). El cual indica susceptibilidad a deslizamientos muy baja (1), baja (2), moderada (3), alta (4) y muy alta (5).

Para determinar la ponderación se utilizó el módulo de Evaluación Espacial Multicriterio que se encuentra en el software ILWIS 8.3.5, el cual contiene los dos métodos descritos anteriormente. Se realizó en función del juicio y experiencia del autor.

Comparación entre la Geología y las Pendientes: entre la geología se estableció el **mismo nivel de importancia** (figura 23), puesto que tanto el tipo de litología como el grado de pendiente son las condicionantes principales para la generación de deslizamientos, en el Barrio Amable María.

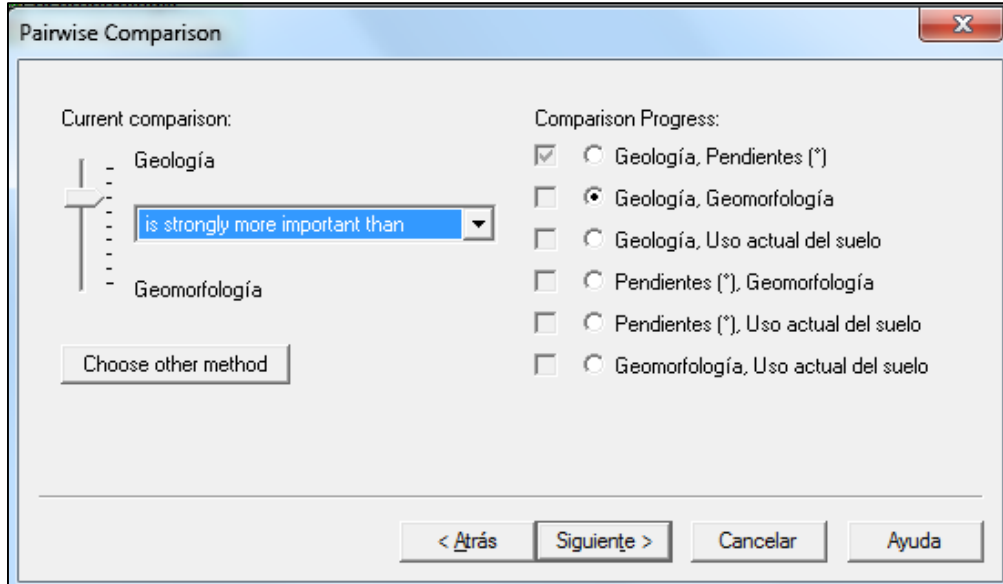
Figura 23. Comparación entre la geología y las pendientes.



Fuente: Autor. 2016.

Comparación entre la Geología y Geomorfología: se estableció que la geología es **notablemente más importante** que la variable geomorfología (figura 24), en relación a que los deslizamientos en el área de estudio son producidos en geomateriales arcillosos.

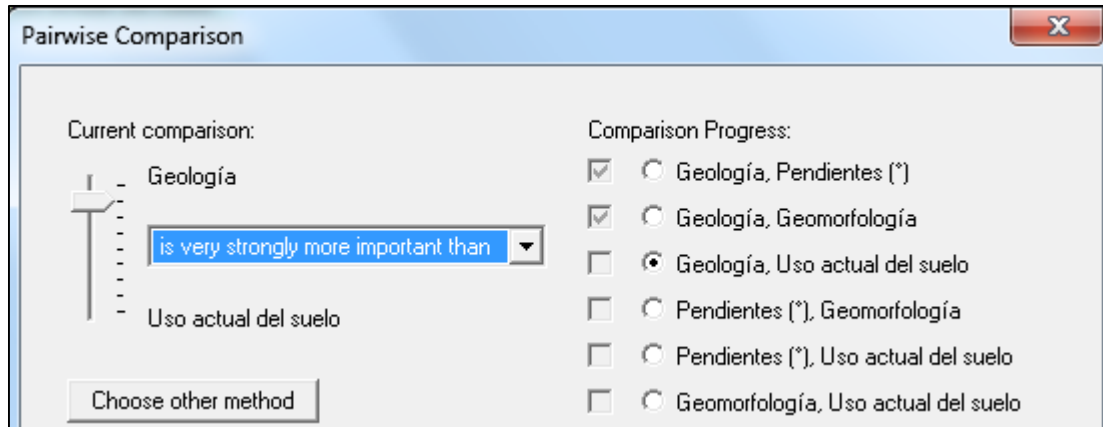
Figura 24. Comparación entre la geología y geomorfología.



Fuente: Autor. 2016.

Comparación entre la Geología y Uso Actual del Suelo: La geología es **demostrablemente más importante** que el uso actual del suelo (figura 25), puesto que los deslizamientos en este caso no está en función del tipo de uso de suelo que se le dé, sino del tipo de geomaterial.

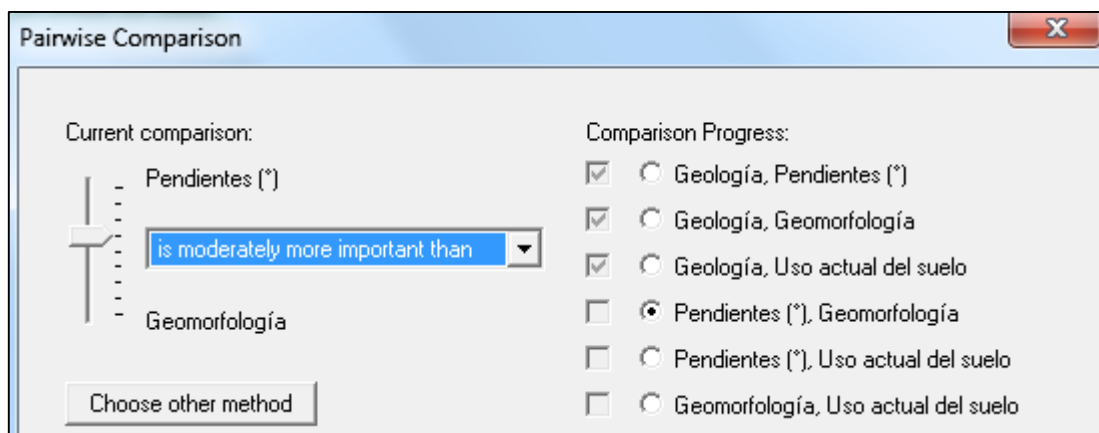
Figura 25. Comparación entre la geología y uso actual del suelo.



Fuente: Autor. 2016.

Comparación entre las Pendientes y Geomorfología: se estableció que las pendientes son **ligeramente más importantes** que la geomorfología (figura 26), puesto que guardan una estrecha relación entre las pendientes y tipos de geoformas; los deslizamientos siempre vienen condicionados por el nivel de pendiente del terreno.

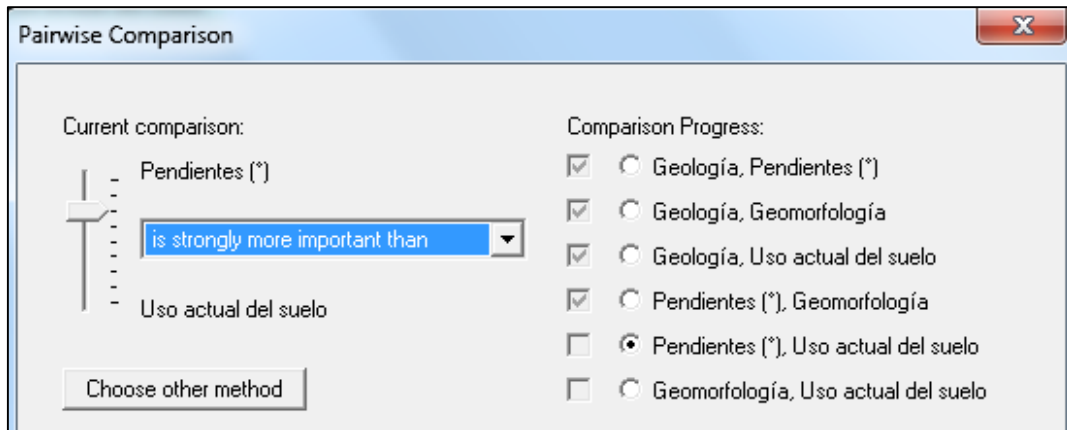
Figura 26. Comparación entre las pendientes y geomorfología.



Fuente: Autor. 2016.

Comparación entre las Pendientes y Uso Actual del Suelo: Las pendientes son **notablemente más importantes** que el uso actual del suelo (figura 27), en relación de igual forma como en el caso de la geología, los deslizamientos vienen restringidos por el tipo de litología y pendiente.

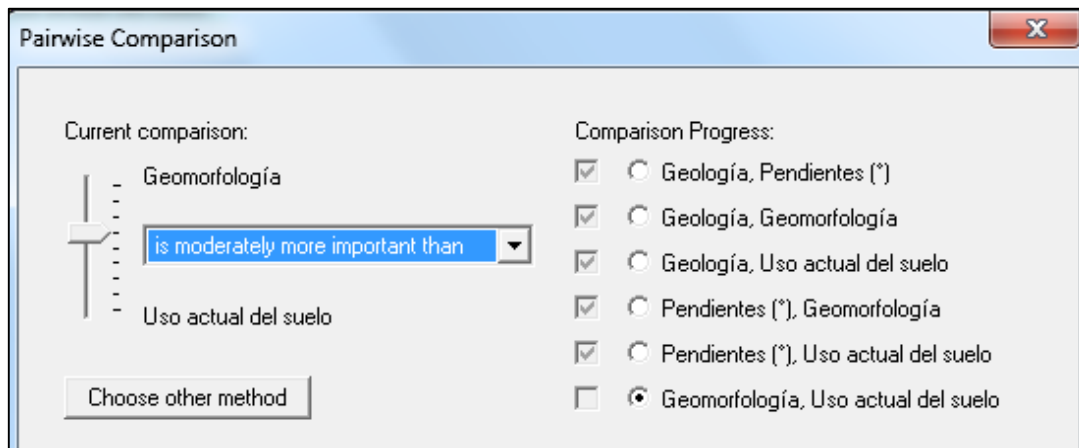
Figura 27. Comparación entre las pendientes y uso actual del suelo.



Fuente: Autor. 2016.

Comparación entre la Geomorfología y Uso Actual del Suelo: se estableció que la geomorfología es **ligeramente más importante** que el uso del suelo (figura 28) , ya que los tipos de geformas indican en cierta forma cierta predisposición para la generación de inestabilidad en el terreno, claro dependiendo principalmente del tipo de geomaterial y categoría de pendiente.

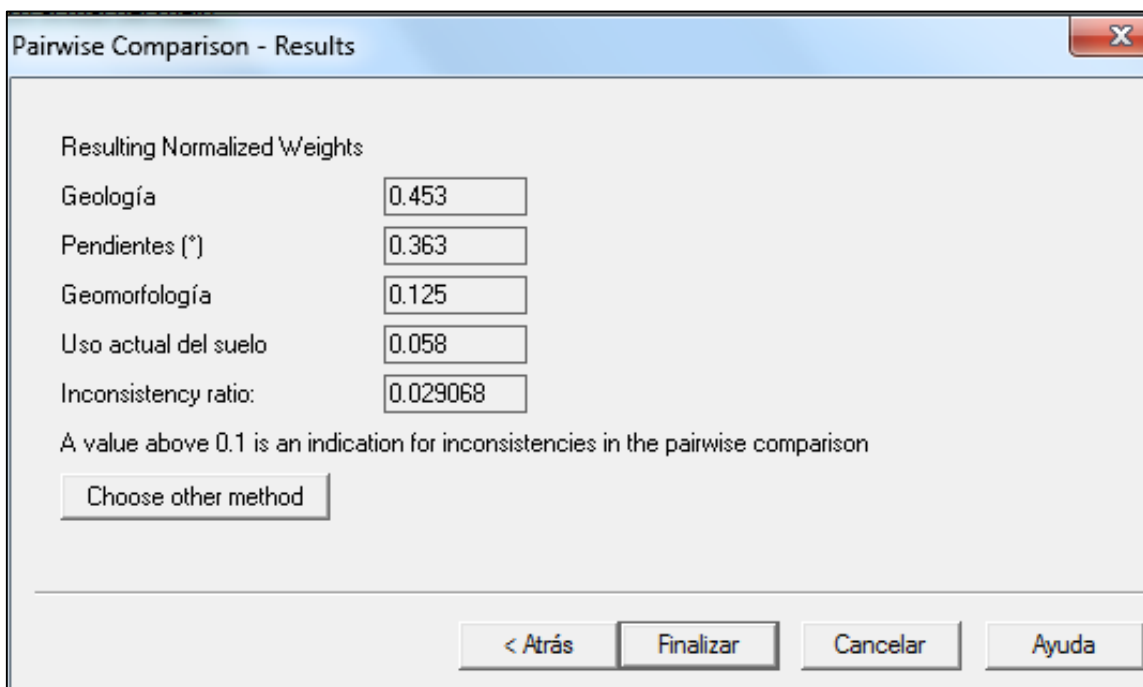
Figura 28. Comparación entre la geomorfología y uso actual del suelo.



Fuente: Autor. 2016.

Luego de la evaluación se determinó de igual forma en el ILWIS la ponderación normalizada que quedó de la siguiente manera **Geología 0.45, Pendientes 0.36, Geomorfología 0.13, Uso Actual del Suelo 0.06** y la **Razón de Inconsistencia** (Inconsistency Ratio), el cual fue de **0.029**, menor a 0.1, lo que indica que el juicio es válido (figura 29).

Figura 29. Ponderación normalizada y la inconsistencia.

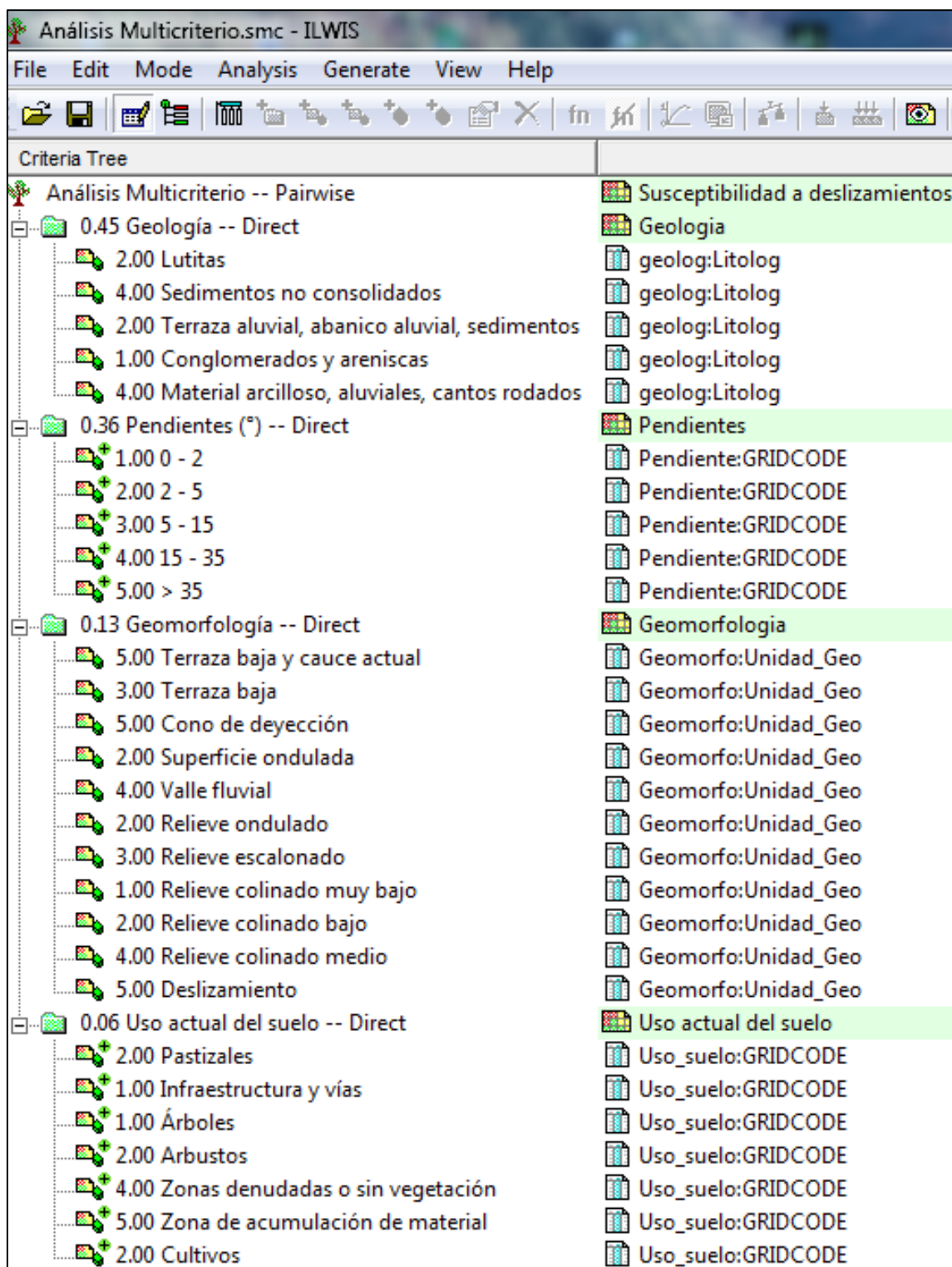


Fuente: Autor. 2016.

Se realizó la comprobación, aplicando las expresiones de Saaty (1980), variando la ponderación normalizada por centésimas, así mismo se calculó la Razón de Inconsistencia, la cual confirma que el juicio es el correcto (Anexo 14).

Finalmente se realizó la evaluación de las clases de los criterios por el método directo, con lo que se establece el **Árbol Multicriterio para la Susceptibilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María** (figura 30). Para una mejor visualización de la ponderación otorgada a las clases de los factores ver el Anexo 14.

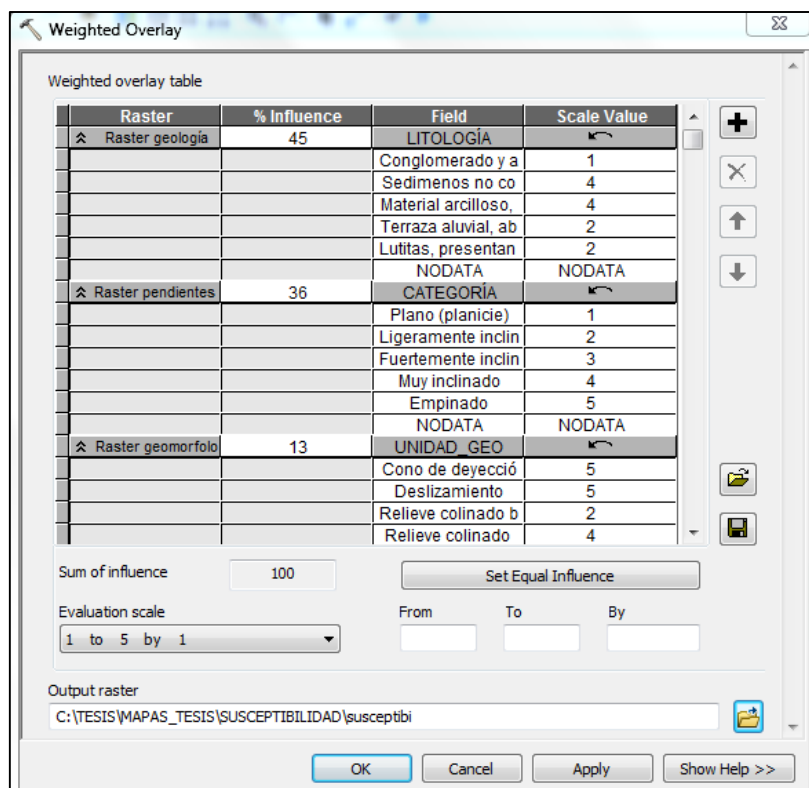
Figura 30. Árbol Multicriterio.



Fuente: Autor. 2016.

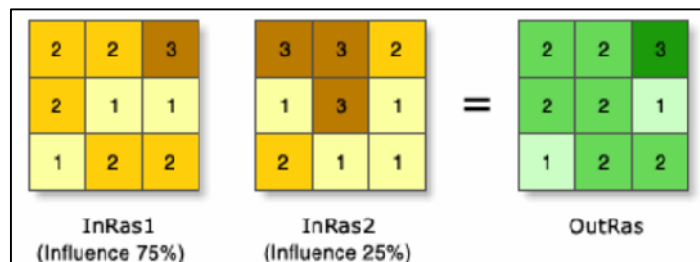
Con la ponderación obtenida se procedió a realizar el cruce de mapas a través de la herramienta **Weighted Overlay** (superposición ponderada) del software ArcGis 10.2, el cual dio como resultado un mapa de susceptibilidad categorizado de acuerdo a la escala de evaluación, en este caso del 1 al 5, es decir, de muy baja susceptibilidad a muy alta susceptibilidad; el cruce de los mapas se lo realizó en formato raster, con tamaño de celda 5 m x 5 m (figura 31). En la figura 32 se explica el funcionamiento de la herramienta Weighted Overlay.

Figura 31. Herramienta Weighted Overlay.



Fuente: Autor. 2016.

Figura 32. Funcionamiento de la herramienta Weighted Overlay.

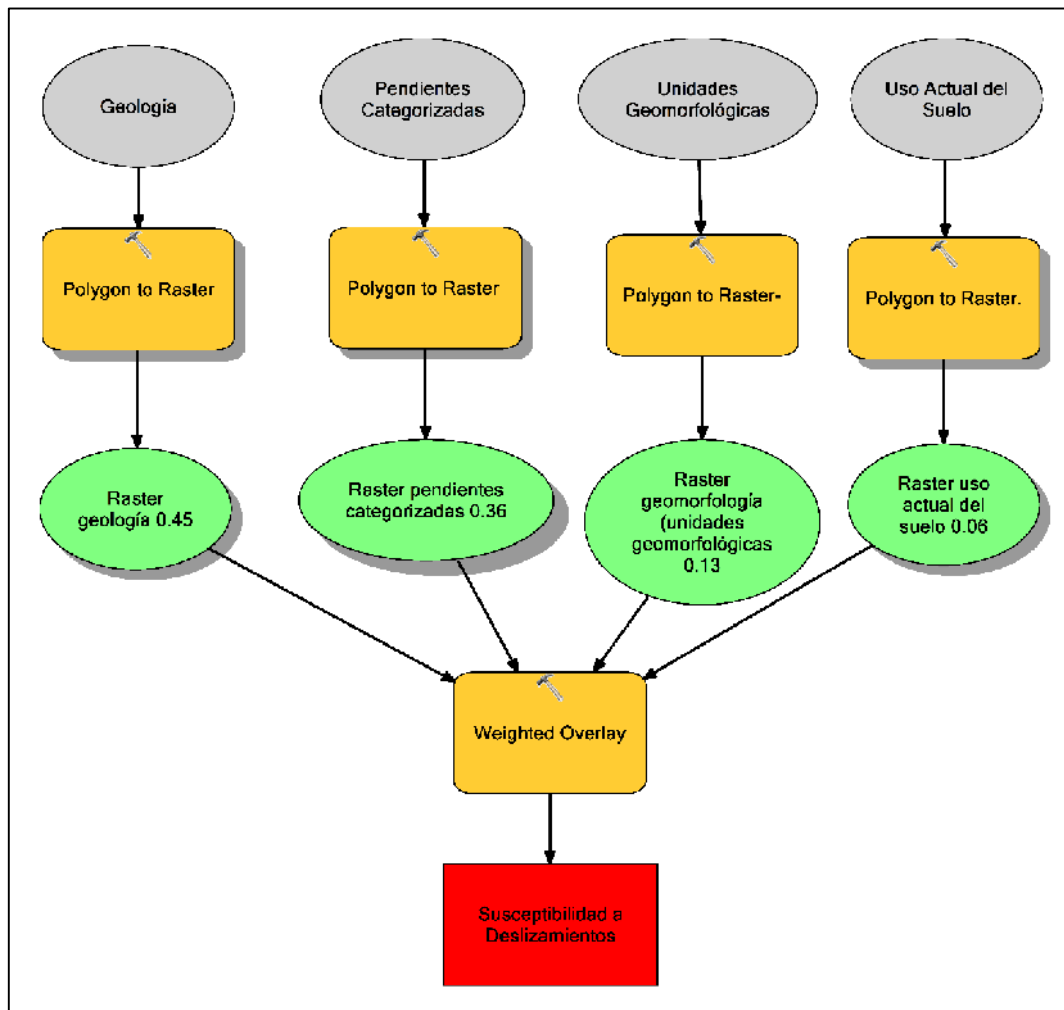


Fuente: ESRI. 2016.

En la figura anterior, los dos raster de entrada se han reclasificado a una escala de medición común de 1 a 3. A cada ráster se le asigna una influencia de porcentaje. Los valores de celda se multiplican por su influencia de porcentaje y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Por ejemplo, observe la celda superior izquierda. Los valores de las dos entradas son $(2 \times 0.75) = 1.5$ y $(3 \times 0.25) = 0.75$. La suma de 1.5 y 0.75 es 2.25. Como el raster de salida de superposición ponderada es un entero, el valor final se redondea a 2 (ESRI, 2016).

Se ejecutó la secuencia del geoproceso con la herramienta **model builder** del mismo software (figura 33).

Figura 33. Secuencia de geoproceso del método multicriterio.



Fuente: Autor. 2016.

Por último con el raster generado se procedió a convertirlo a formato vectorial para su posterior análisis y representación cartográfica a escala 1:5000.

5.2.3.2 Método Determinístico

Se realizó en base a la expresión matemática establecida por Brunsten y Prior en 1979. La expresión es la siguiente:

$$FS = \frac{c' + (\gamma - m\gamma_w)z \cos^2 \beta \tan \varphi'}{\gamma z \sin \beta \cos \beta}$$

Donde:

FS= Factor de Seguridad;

c'= Cohesión efectiva (Pa);

γ = Peso unitario del suelo (N/m³);

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 (°);

φ' = Ángulo de fricción efectivo (°);

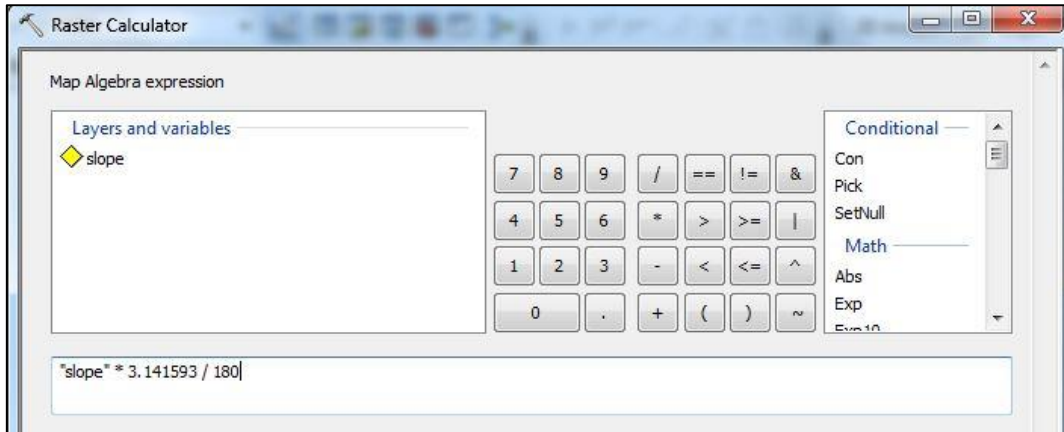
m= zw/z (adimensional);

γ_w = Peso unitario del agua (10000 N/m³).

La cual es efectiva para deslizamientos del tipo traslacional y superficial. Se realizó el cálculo por pixel (5 m x 5 m) a través de la calculadora raster del software ArcGIS 10.2, considerando **4 escenarios con profundidades de falla (z) de 1 m y 2 m, en condiciones normales y saturadas** (peso específico saturado y m =1).

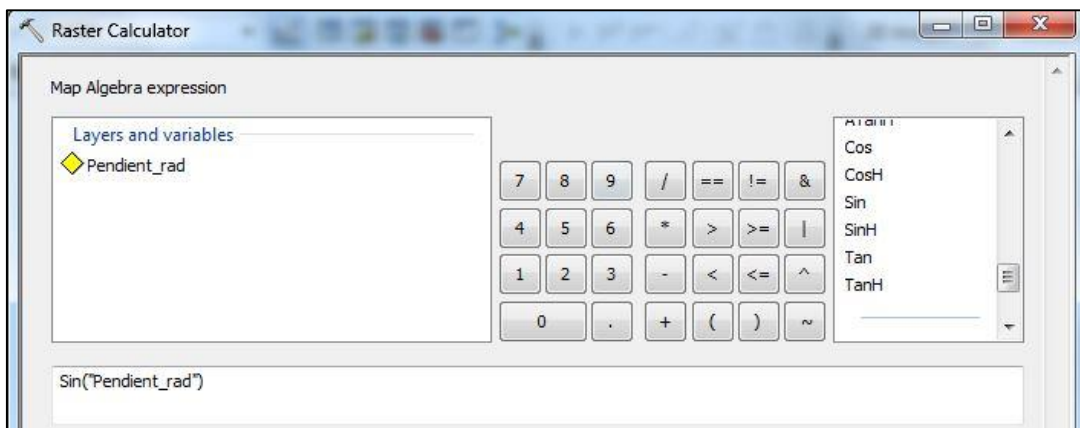
Para ello se partió de los valores de las pendientes (sin reclasificar) las mismas que se convirtieron de grados a radianes (figura 34), debido a que para el cálculo el programa admite los valores de entrada en esas unidades. Con esto se procedió a calcular las funciones seno, coseno y coseno² de las pendientes (figuras 35-37).

Figura 34. Conversión de grados a radianes de las pendientes.



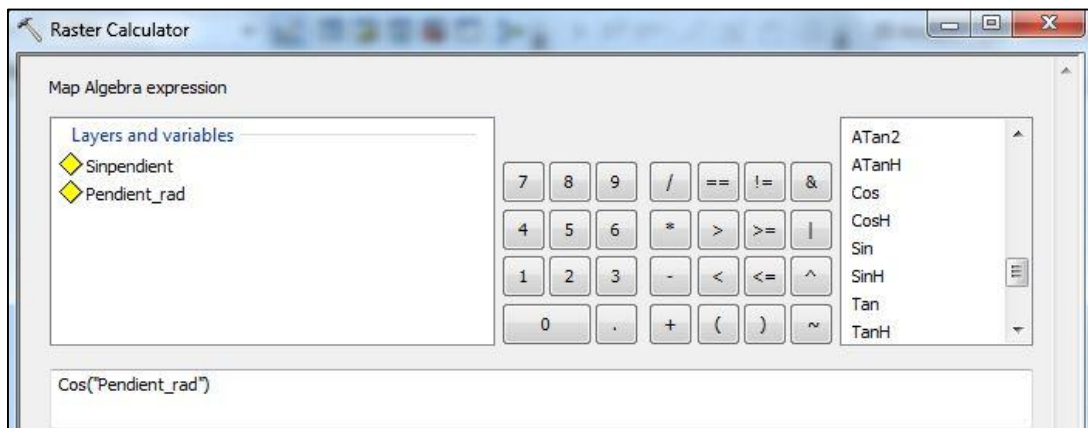
Fuente: Autor. 2016.

Figura 35. Cálculo de la función seno de las pendientes.



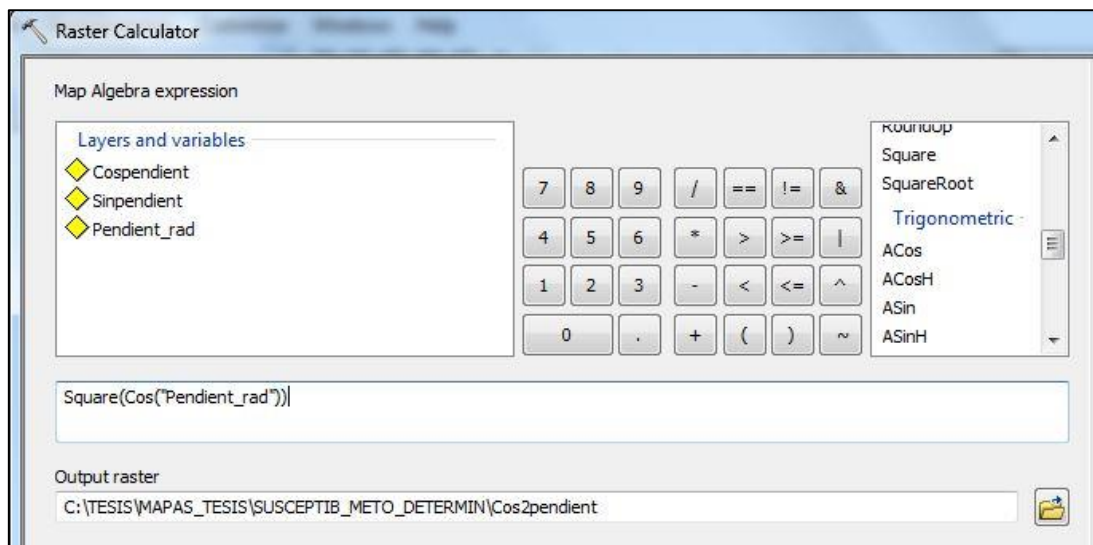
Fuente: Autor. 2016.

Figura 36. Cálculo de la función coseno de las pendientes.



Fuente: Autor. 2016.

Figura 37. Cálculo de la función coseno² de las pendientes.

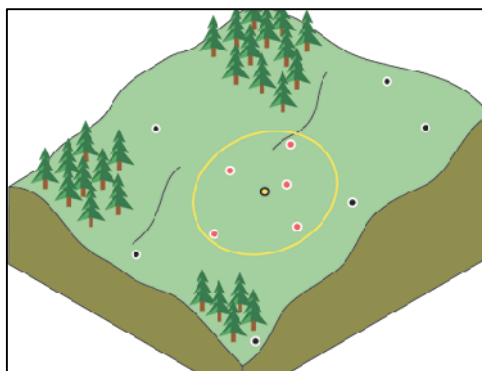


Fuente: Autor. 2016.

Se realizó la interpolación de los datos geotécnicos (diferentes para cada escenario) obtenidos por los SPT y correlación de estos con los SEV, considerando además la geología local; los parámetros interpolados fueron la cohesión efectiva, peso específico, el valor adimensional m y el ángulo de fricción efectivo. Se aplicó el método de interpolación IDW (distancia inversa ponderada) utilizando el software ArcGIS 10.2.

Este método de interpolación presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra (ESRI, 2016; figura 38).

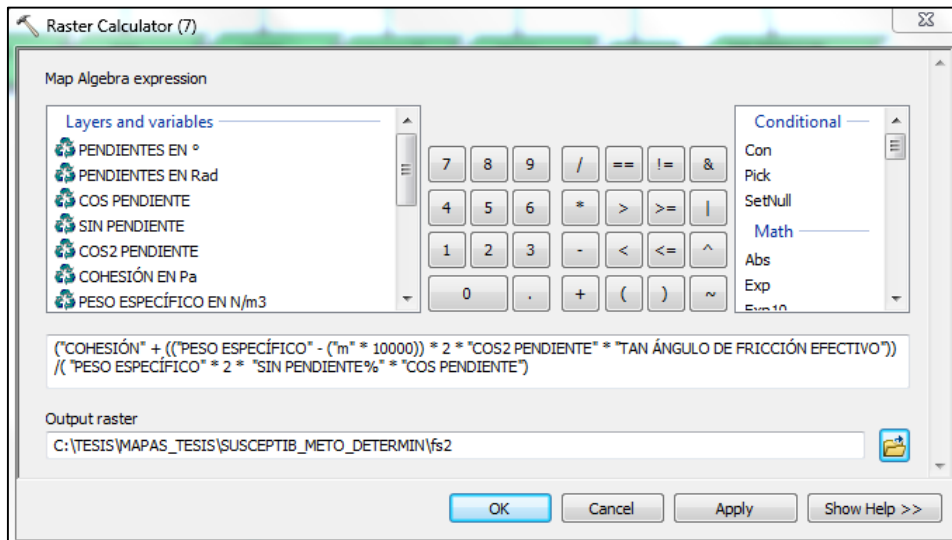
Figura 38. Funcionamiento de la interpolación IDW.



Fuente: ESRI. 2016.

Se procedió a calcular la función tangente del ángulo de fricción efectivo interpolado, requiriendo para ello como en el caso de las pendientes, transformar el ángulo de grados a radianes. Una vez obtenido esto, se calculó el factor de seguridad aplicando la fórmula descrita anteriormente, por medio de la calculadora raster (figura 39) y a continuación se clasificó el factor de seguridad de acuerdo a categorías, las cuales se muestran en el cuadro 24.

Figura 39. Cálculo del factor de seguridad a 2 m en condiciones normales.



Fuente: Autor. 2016.

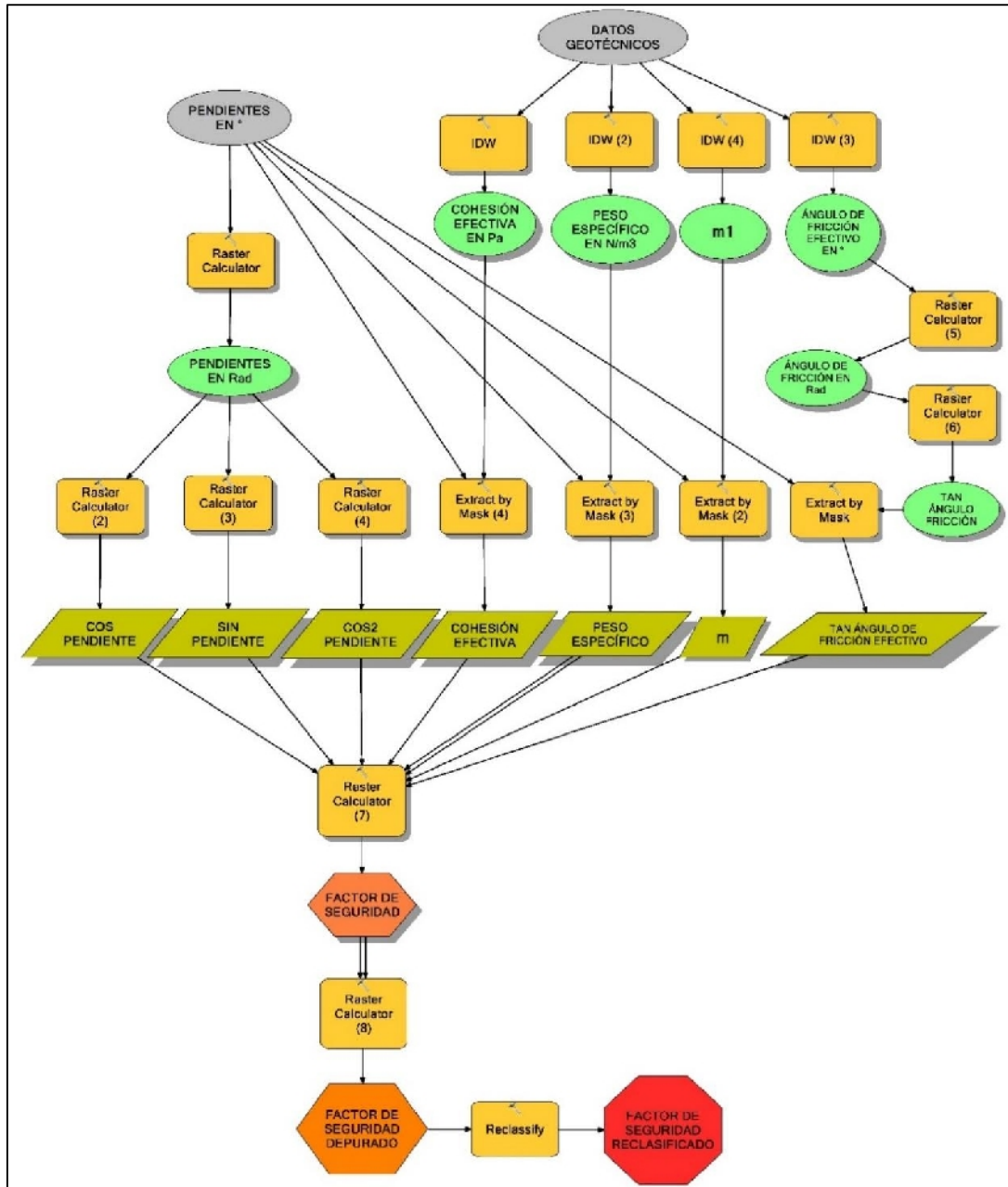
Cuadro 24. Clase de estabilidad y factor de seguridad.

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
Inestabilidad media	0.0 – 0.5
Inestabilidad alta	0.0

Fuente: Lan y Otros. 2004.

Se ejecutó la secuencia del geoproceso para cada escenario con la herramienta model builder del software ArcGIS 10.2 (figura 40).

Figura 40. Secuencia de geoproceso del método determinístico.



Fuente: Autor. 2016.

Por último, los raster generados se los convirtió a formato vectorial para su posterior análisis y representación cartográfica a escala 1:5000.

5.2.3.3 Validación de los mapas de Susceptibilidad

Para la validación de los mapas de susceptibilidad se correlacionó con los deslizamientos identificados en el sector, por lo cual se realizó una caracterización de los deslizamientos.

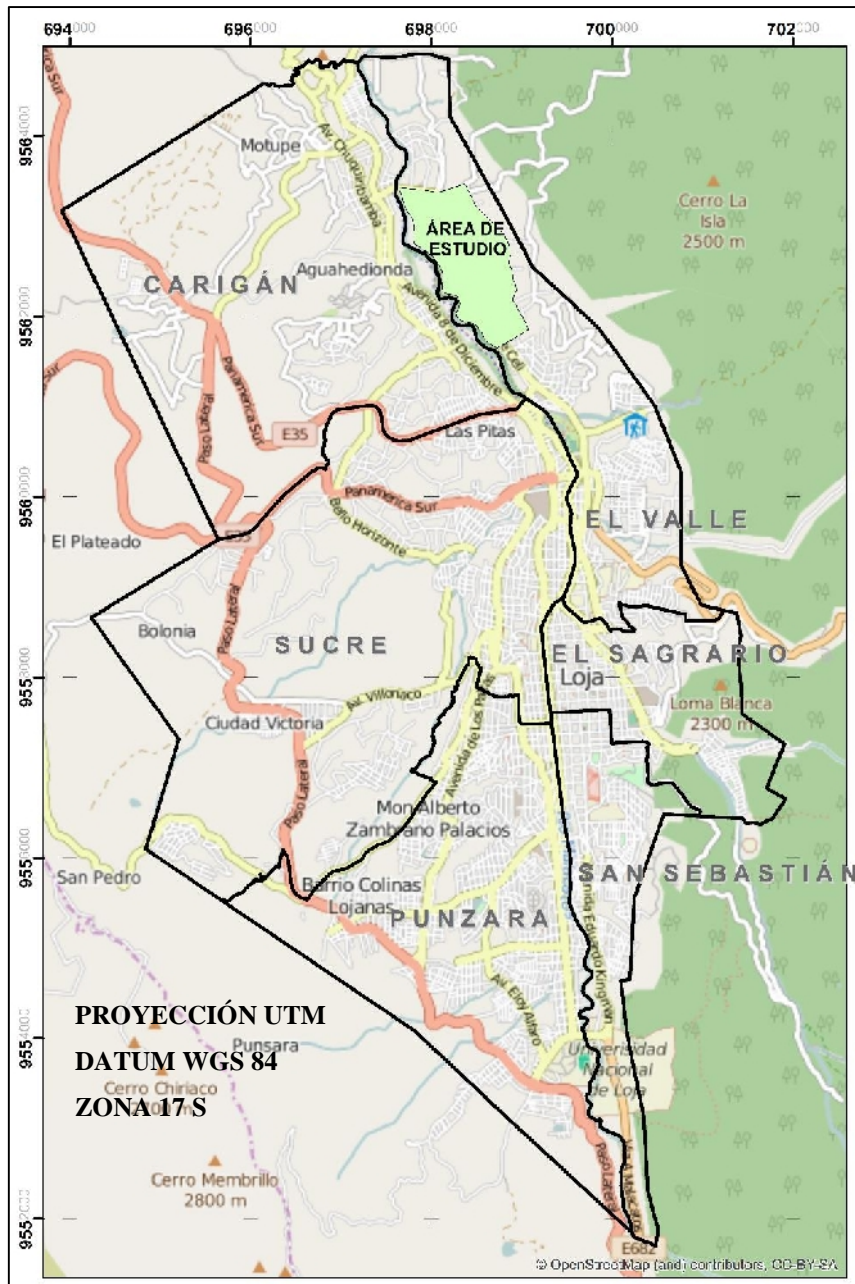
6. RESULTADOS

6.1 Descripción general del área de estudio

6.1.1 Ubicación y acceso

El área de estudio (130 Ha) se encuentra ubicado en la Provincia y Cantón de Loja, específicamente en la parroquia el Valle, al norte de la ciudad (figura 41).

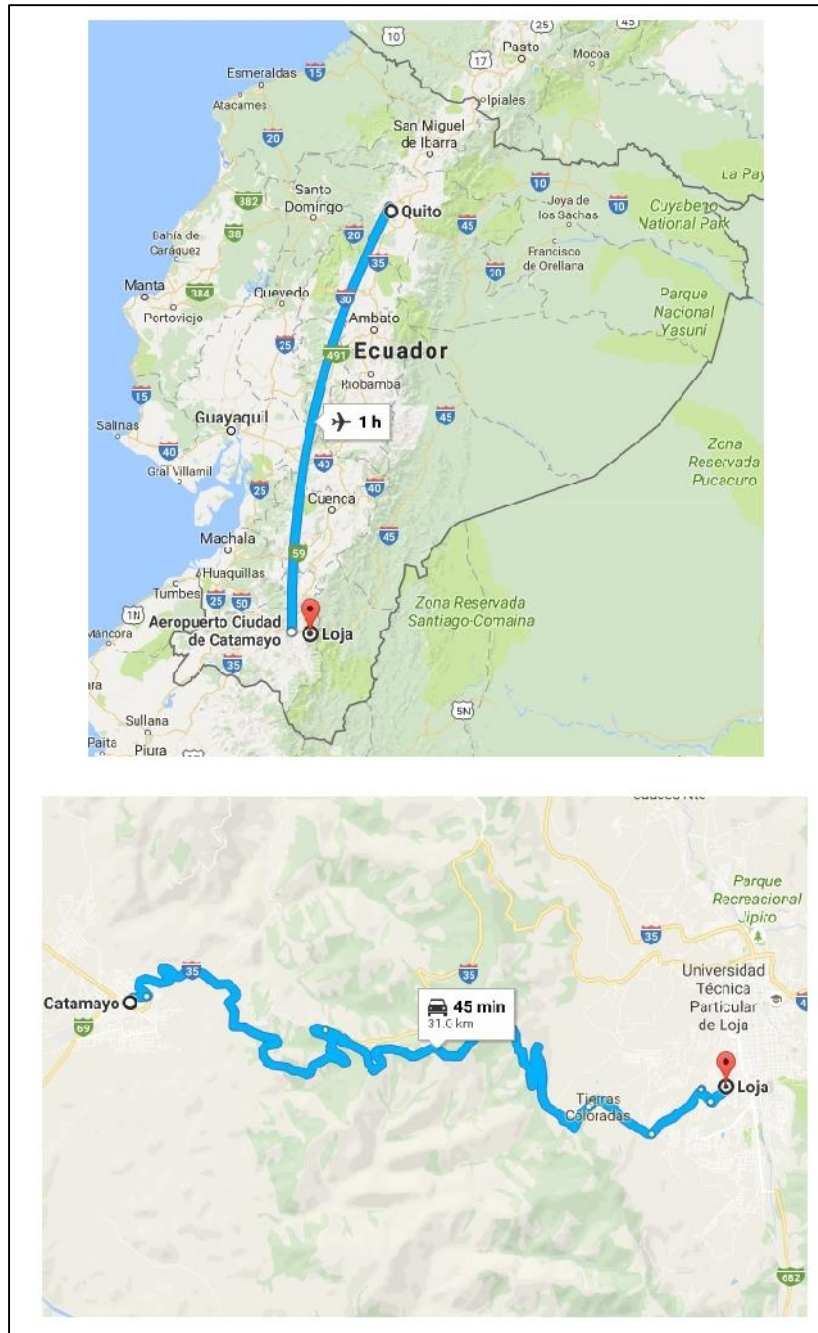
Figura 41. Mapa de ubicación del área de estudio.



Fuente: GADML, OpenStreetMap y Autor. 2016.

Para llegar al barrio desde la capital Quito se puede ir por dos vías la terrestre y aérea. Por vía aérea se parte desde el aeropuerto Tababela (Quito) hasta la ciudad de Catamayo y luego por vía terrestre hasta la ciudad de Loja (aprox. 31 Km) (figura 42).

Figura 42. Acceso a la ciudad de Catamayo por vía aérea desde la ciudad de Quito (arriba) y terrestre a Loja desde Catamayo (abajo).



Fuente: GoogleMaps. 2016.

La terrestre se va por la vía panamericana hasta la ciudad de Loja, aproximadamente son 668 Km (figura 43). Desde la Terminal Terrestre de la ciudad de Loja, se dirige hacia la avenida Salvador Bustamante Celi y luego en dirección norte recorriendo 1.82 Km aproximadamente para llegar a la zona de estudio.

Figura 43. Acceso a la ciudad de Loja por vía terrestre desde la ciudad de Quito.



Fuente: GoogleMaps. 2016.

6.1.2 Orografía

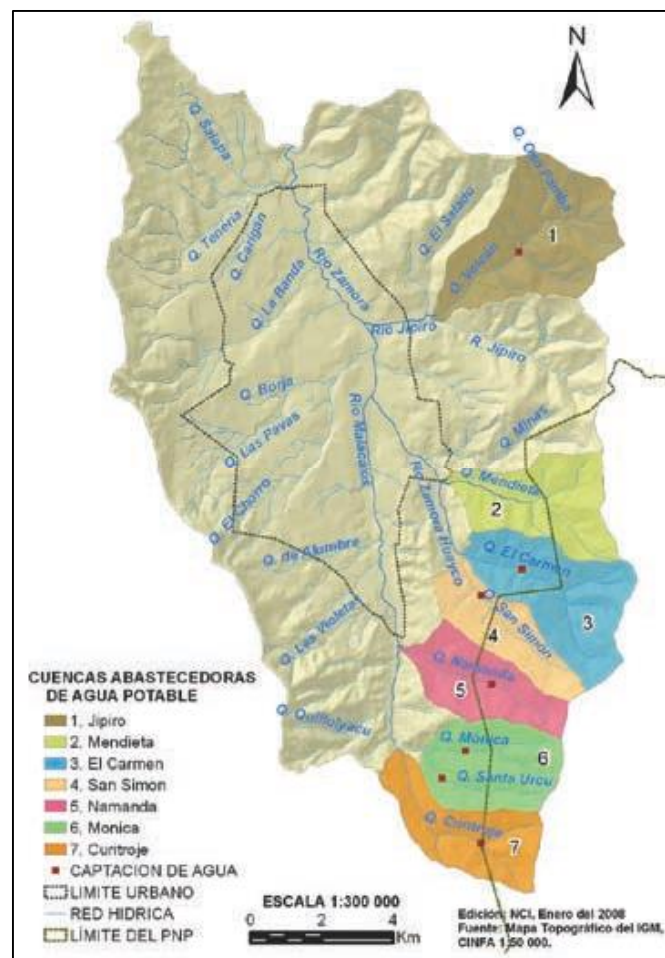
El actual valle de Loja fue una zona lacustre, conformada en el período terciario por un pequeño lago, que se abrió cerca de Salapa para dar nacimiento al actual río Zamora. Precisamente, alrededor del río Zamora y sus varios afluentes, se ha conformado el actual valle, largo y angosto (20 km x 4 km), con declive no muy pronunciado hacia al sector Norte, relieve colinado y abierto hacia el Oeste y cerrado y abrupto hacia el Este. La topografía más o menos plana del valle se sitúa al centro y llega hasta el barrio Motupe (unos 10 km de longitud), justo donde se asienta la actual ciudad y sus barrios suburbanos septentrionales (PNUMA, IML y NCI, 2007).

6.1.3 Hidrología

La cuenca superior del río Zamora u hoya de Loja (230 km²) es parte del gran sistema del río Santiago (27.425 km² de área drenada), afluente del Marañón–Amazonas y es el asiento de la actual ciudad de Loja. Del nudo de Cajanuma, límite meridional del valle de Loja, nace el sistema a través de dos ríos pequeños: el Malacatos septentrional y el Zamora Huayco (Guacunamá y Pulacu en el lenguaje de los antiguos Paltas).

Estos ríos se unen al norte de la ciudad de Loja, dando origen al río Zamora (figura 44) y engrosan su caudal recibiendo varios afluentes, denominados en el lenguaje local quebradas. El afluente más importante del río Zamora, aguas abajo de la unión con el Malacatos septentrional, es el río Jipiro, que se une al caudal principal desde la margen derecha (PNUMA, GADML y NCI, 2007).

Figura 44. Sistema Hidrológico de la Hoya de Loja y cuencas abastecedoras.



Fuente: PNUMA, GADML y NCI. 2007.

6.1.4 Clima

Guamán Galo (2008) describe que el clima de la ciudad de Loja, se ubica en el área del clima Templado Andino, puesto que se asienta en la cuenca alta del Zamora, influenciado por el clima tipo amazónico y vientos alisios.

Las mesetas y pequeños valles se encuentran sobre los 2000 msnm el clima es similar al resto de la serranía del país con temperaturas que fluctúan entre los 14 °C y 21 °C, una humedad relativa del 75%, además, el viento se desplaza en diferentes direcciones con velocidades que varían entre 1 y 4.3 m/s.

De acuerdo a las isoyetas de la Cuenca de Loja elaboradas a partir de datos meteorológicos de las estaciones Vilcabamba, La Argelia, San Francisco, Catamayo y San Lucas desde el año 1971 a 2005, se desprende que las lluvias al interior de la cuenca se incrementan desde los sectores orientales con precipitaciones entre los 1069 a 760 mm de lluvia anual (Guamán Galo, 2008).

6.2 Topografía

La topografía del sector comprende altitudes que van desde los 2009 hasta los 2132 msnm. Las partes más bajas se encuentran en la parte Oeste de la avenida Salvador Bustamante Celi y las más altas en la parte norte y este del área de estudio.

Se obtuvo las curvas de nivel principales cada 5 metros y secundarias cada metro, se incorporó además la red vial y la quebrada Paccha que cruza el área de estudio, con todo esto se elaboró el mapa topográfico a escala 1:5000 (ver Anexo 1), referenciado en el Sistema de coordenadas UTM, Datum Horizontal: WGS 84, Datum Vertical: Nivel medio del mar Estación Mareográfica de la Libertad, Zona 17 Sur. En función de la topografía se estableció el modelo digital de elevación (DEM).

6.3 Pendientes

En base al DEM del sector se determinaron las pendientes las cuales van de 0.1° a 56.6°. Para un mejor análisis se las categorizaron por rangos, tal como se muestra en el cuadro 25.

Cuadro 25. Rangos y categorías de las pendientes del sector de estudio.

Rango (°)	Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
0 - 2	Plano (planicie)	24.119	18.56
2 - 5	Ligeramente inclinado	24.331	18.73
5 - 15	Fuertemente inclinado	61.931	47.66
15 - 35	Muy inclinado	18.272	14.06
> 35	Empinado	1.283	0.99
Fuente: Autor. 2016.			

Como se observa en el cuadro anterior las pendientes que predominan en el sector de estudio son las **fuertemente inclinadas**, las cuales constituyen la parte central y este del área de estudio abarcando un área de **61.931 ha (47.66 %)**.

Las pendientes **planas y ligeramente inclinadas** comprenden un área de **48.45 ha (37.29 %)**, ubicadas en su mayoría en la franja occidental del área de estudio.

Por último las pendientes **muy inclinadas y empinadas** representan un área **19.56 ha (15.05 %)** que constituyen la parte central norte y franja oriental del sector.

Se elaboró el mapa de pendientes a escala 1:5000, el cual se puede ver en el Anexo 2.

6.4 Geología Regional

La Hoya de Loja, está conformada por una secuencia sedimentaria muy variada, donde el esquema estratigráfico de depositación, se desarrollaron en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno). Además, la serie sedimentaria en el área de Loja es de tipo tectónico donde la secuencia deposicional está dividida tanto al oriente como occidente por una falla inversa, yuxtaponiendo los sedimentos en sucesiones diferentes. La serie sedimentaria se encuentra sobrepuesta discordantemente sobre el basamento de rocas metamórficas (Unidad Chiguinda).

La estratigrafía de la Hoya de Loja se encuentra conformada por las siguientes formaciones (Tamay, 2004):

Formación Chiguinda.- Constituyen el basamento de la cuenca de Loja formado por rocas metamórficas de edad Paleozoica, que contienen filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarcitas.

Formación Trigal.- De edad Miocena Media está formado por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños clastos volcánicos (> 1cm) y capas menores de limonitas.

Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda.

Formación La Banda.- Formado por un estrato de 10 a 20 m de potencia con secuencia intercalada desde Caliza masivas, lutitas carbonatadas, capas de chert y areniscas de grano fino.

Formación Belén.- Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granulado, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor 300m está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.

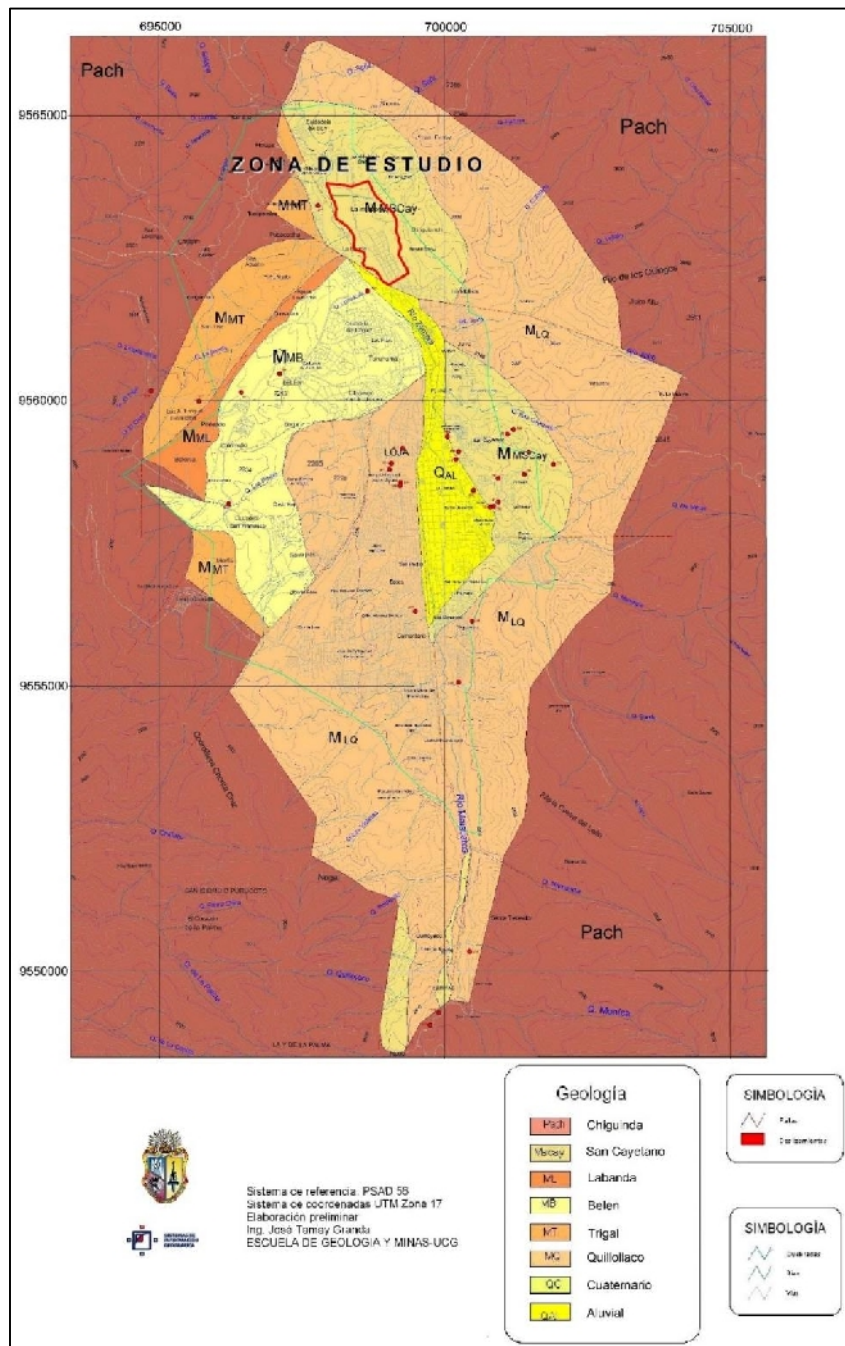
Formación San Cayetano.- La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas, contienen capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas que contiene lutitas laminado de color gris, blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica microflora y gastrópodos. 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 Terciario, Periodo Mioceno.

Formación Quillollaco.- Está presente al este y oeste de la cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación alcanza espesores hasta un máximo de 600m, al este de la ciudad de Loja. La formación está dominado por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.

Formación Salapa.- La formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas Paleozoicas. Contiene clastos líticos y tobas ricos en vidrio (transformados a caolinita), formación más joven de edad Pliocénico (Tamay, 2004).

En la figura 45 se muestra el mapa geológico de la Hoya de Loja.

Figura 45. Mapa geológico de la Hoya de Loja.



Fuente: TAMAY. 2004.

Esto permitió deducir a que formación geológica pertenece el sector de estudio. La cual resulta ser la Formación San Cayetano, más específicamente al miembro limonitas, caracterizadas principalmente por lutitas de coloración blanca-gris a marrón con presencia de diatomitas. Así también la presencia de material aluvial por efecto del río Zamora y Paccha el cual constituye el más joven dentro de la era geológica.

6.5 Geología Local

De acuerdo al levantamiento geológico realizado por medio de identificación y caracterización de afloramientos se dividió a la litología en cinco grupos los cuales son:

Lutitas: las cuales abarcan especialmente las zonas de mayor pendiente del sector, las lutitas presentan coloraciones crema hasta marrones relacionadas con óxidos de Fe. Las lutitas de coloración crema son del tipo calcáreo y se observaron en los afloramientos 2, 4, 5, 6, 8, 11, 16, 17 y 20-21 (Anexo 8), en la fotografía siguiente se muestra un afloramiento de lutitas calcáreas.

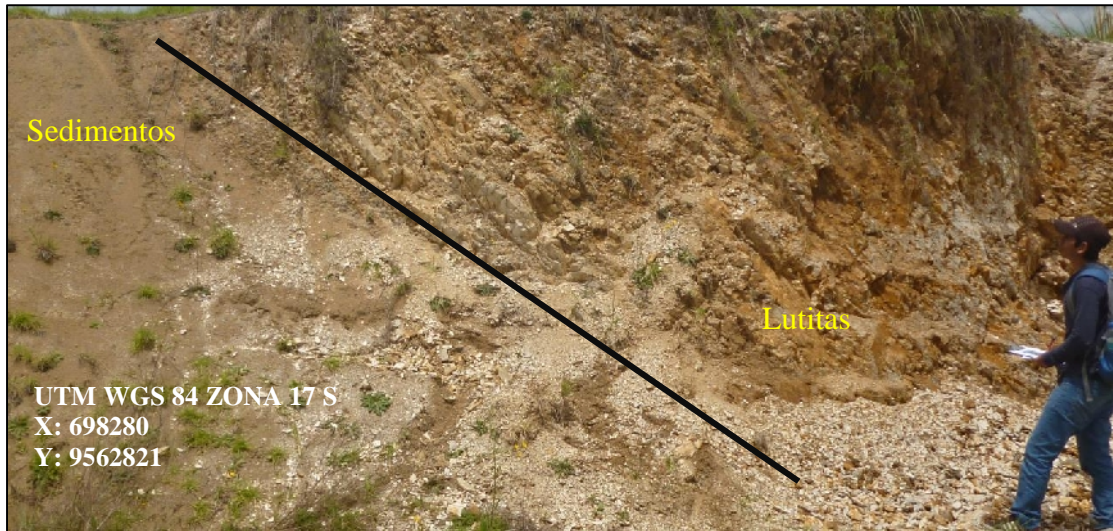
Fotografía 17. Lutitas calcáreas de coloración crema.



Fuente: Autor. 2016. }

Las lutitas de coloración marrón (fotografía 18), se observaron en los afloramientos 1, 3, 10-14 y 17 (Anexo 8).

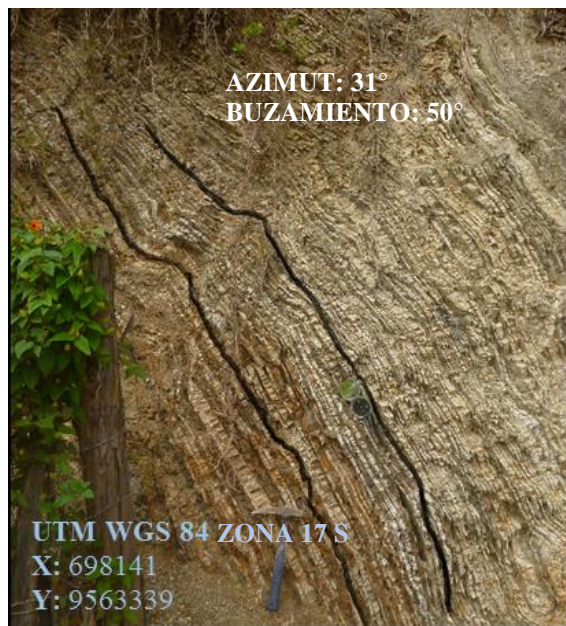
Fotografía 18. Lutitas marrones con intercalaciones de lutitas calcáreas.



Fuente: Autor.

Se deduce que han sido sometidas a esfuerzos tectónicos los mismos que han ocasionado su plegamiento (fotografía 19). Los estratos presentan diversa orientación los cuales según los afloramientos caracterizados el azimut varía de 31° a 349° , así también de sus ángulos de buzamiento que van de 23° a 50° .

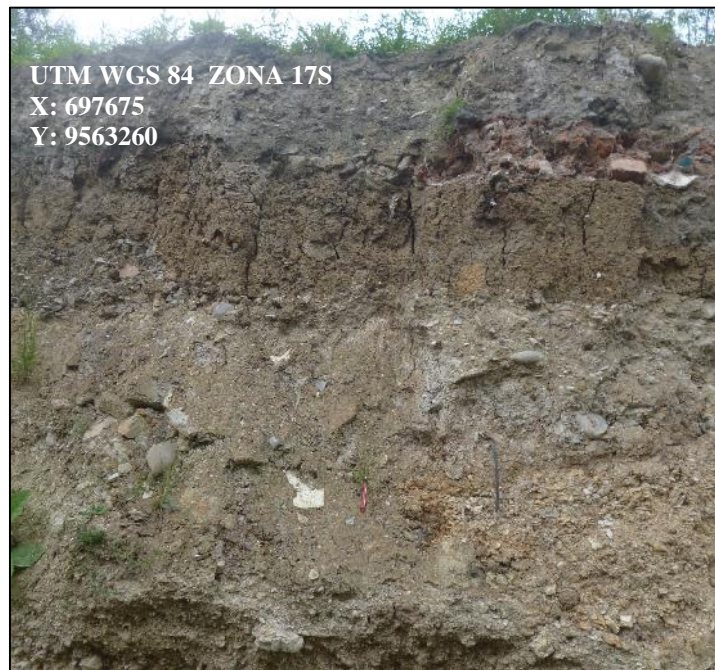
Fotografía 19. Lutitas marrones plegadas.



Fuente: Autor. 2016.

Terraza aluvial, abanico aluvial con presencia de sedimentos: este tipo de litología se identificó en los afloramientos 28-30 (Anexo 8). Constituyen la parte Este de la avenida Salvador Bustamante Celi, está compuesto por materiales aluviales como cantos rodados, angulares y la presencia de material sedimentario (fotografía 20); producto de una continua depositación por parte del río Malacatos y la quebrada Paccha que cruza el sector de estudio, (fotografía 21).

Fotografía 20. Terraza aluvial.



Fuente: Autor.

Fotografía 21. Desembocadura en el río Zamora de la quebrada Paccha.



Fuente: Autor.

También se identificó un abanico aluvial (fotografía 22), en la parte sur del área de estudio, debido a las características topográficas, que se deduce que es una zona de escorrentía especialmente en las épocas invernales.

Fotografía 22. Abanico aluvial.



Fuente: Autor. 2016.

Sedimentos no consolidados: comprenden la parte céntrica del sector, constituida por material no consolidado especialmente arcillas y limos (fotografía 23), se identificaron de acuerdo a los afloramientos 15,18, 19, 22-23 y 25; estos sedimentos corresponden a material residual de las lutitas, generado por procesos de erosión, transporte y meteorización.

Fotografía 23. Arcillas y limos con capa de materia orgánica en la parte superior.



Fuente: Autor. 2016.

Material arcilloso, aluviales, cantos rodados: se encuentran localizados en la parte norte del área de estudio, de acuerdo a los afloramientos 7 y 9 (Anexo 8), este tipo de litología se encuentra constituida en su mayoría por arcillas y materiales aluviales como cantos rodados de la quebrada Paccha que cruza el sector (fotografía 24).

Fotografía 24. Arcillas con material aluvial.



Fuente: Autor. 2016.

Conglomerado y areniscas: localizada en la parte central-este del sector en los afloramientos 24-27 (Anexo 8), constituyen conglomerado con clastos de hasta 2 cm de diámetro con matriz areno-limo-arcillosa (fotografía 25), y areniscas (fotografía 26).

Fotografía 25. Conglomerado.



Fuente: Autor. 2016.

Fotografía 26. Contacto litológico entre limos y areniscas.



Fuente: Autor. 2016.

Estas litologías fueron representadas cartográficamente a escala 1:5000 (Anexo 3).

6.6 Geomorfología

La geomorfología del sector comprende 3 Unidades Genéticas, 11 Unidades Geomorfológicas y 29 Morfometrías, las cuales se encuentran representadas cartográficamente a escala 1:5000 (ver Anexo 4).

En función de su Génesis se tiene: deposicional o acumulativo, denudativo y tectónico erosivo.

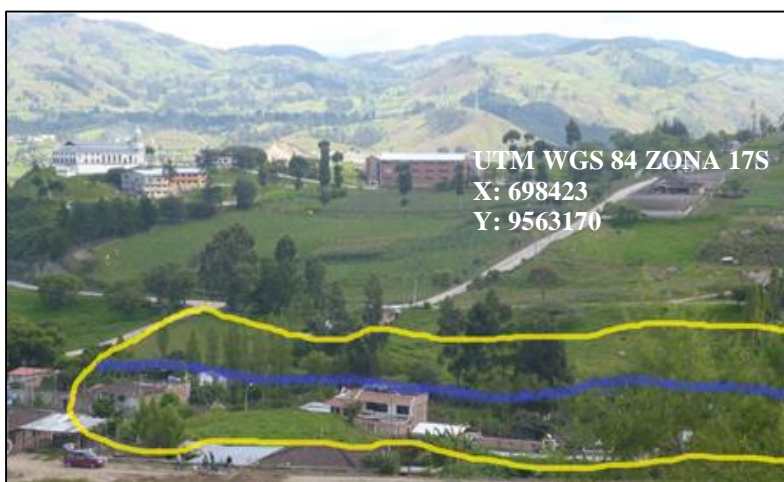
6.6.1 Depositional o acumulativo

Son debidas a depósito de material producto del transporte de agentes erosivos como el agua y aire. Como Unidades Geomorfológicas se encuentran la terraza baja y cauce actual, terraza baja, valle fluvial y cono de deyección. Abarcan en su mayoría la parte oeste del área de estudio.

6.6.1.1 Terraza baja y cauce actual

Comprende el cauce de la quebrada Paccha y la zona de depositación de la misma (fotografía 27), se encuentra caracterizado litológicamente por materiales arcillosos y aluviales. Su morfometría comprende de pendientes que van desde muy suaves (2 % - 5 %) hasta medias a fuertes (25 % - 40 %).

Fotografía 27. Terraza baja y cauce actual.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.1.2 Terraza baja

Corresponde al nivel superior del lecho del río. Está formada por depósitos aluviales. Constituye remanentes de anteriores niveles de sedimentación. Está sujeta a crecidas del río (fotografía 28). Presenta pendientes planas a suaves (0 % - 12 %) y suaves a medias a fuertes (12 % - 40 %). Con desniveles relativos menores a 5 m y de 5 a 15 m. Constituyen la parte oeste del sector.

Fotografía 28. Terraza baja.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.1.3 Valle fluvial

Forma de relieve alargada, en la cual el eje constituye la quebrada Paccha. Presenta pendientes que van desde planas a fuertes (0 % - 70 %) con un desnivel relativo entre 5 y 15 m (fotografía 29).

Fotografía 29. Valle fluvial.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.1.4 Cono de deyección

Son depósitos de sedimentos, en forma de cono, que normalmente se forman al pie de una ladera en la zona donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso.

Se encuentra constituida por material sedimentario, presenta pendientes que van de suaves hasta fuertes (2 % - 100 %) con un desnivel relativo entre 50 a 100 m (fotografía 30).

Fotografía 30. Cono de deyección.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.2 Denudativo

Corresponde a grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. Como Unidad geomorfológica se encuentra el deslizamiento.

6.6.2.1 Deslizamiento

Corresponde a movimientos de masa, generalmente de material sedimentario. Presentan pendientes que van de medias a fuertes (12 – 70 %). Con desniveles relativos hasta 5 m (fotografía 31).

Fotografía 31. Deslizamiento.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.3 Tectónico erosivo

Corresponde a levantamientos tectónicos que generan unidades geomorfológicas colinadas y montañosas de diversas alturas y pendientes.

6.6.3.1 Superficie ondulada

Se encuentra constituida por pendientes que van de muy suaves a medias (2 % - 25 %) y de muy suaves a medias a fuertes (2 % - 40 %). Con desniveles relativos entre 5 a 15m y de 15 a 25 m (fotografía 32). Compuesta por sedimentos no consolidados.

Fotografía 32. Superficie ondulada.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.3.2 Relieve ondulado

Se encuentran representados por pendientes que van de muy suaves a medias (2 – 25%) de suaves a medias (5 % - 25 %), de muy suaves a medias a fuertes (2 % - 40 %) y de medias a medias a fuertes (12 % - 40 %). Su desnivel relativo va de 5 a 15m, 15 a 25 m y de 15 a 50 m (fotografía 33). Se encuentran formado en su mayoría por sedimentos no consolidados.

Fotografía 33. Relieve ondulado.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.3.3 Relieve escalonado

Presentan cimas redondeadas, con pendientes que van de muy suaves a medias a fuertes (2 % - 40 %), de suaves a medias a fuertes (5 % - 40 %), de medias a medias a fuertes (12 % - 40 %), de suaves a fuertes (5 % - 70 %), de muy suaves a fuertes (2 % - 70 %) y de medias a fuertes (12 % - 70 %). Con desniveles relativos de 5 a 15 m, 15 a 25 m, 25 a 50 y de 50 a 100 m. Constituida por lutitas y sedimentos no consolidados (fotografía 34).

Fotografía 34. Relieve escalonado.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.3.4 Relieve colinado muy bajo

Presentan cimas redondeadas, con pendientes que van de medias a medias a fuertes (12 % - 40 %), de suaves a fuertes (5 % - 70 %) y de medias a fuertes (12 % - 70 %). Con desnivel relativo entre 5 y 15 m (fotografía 35). Constituidos por sedimentos no consolidados, areniscas y conglomerados.

Fotografía 35. Relieve colinado muy bajo.



Fuente: Autor. 2016.

6.6.3.5 Relieve colinado bajo

Abarcan pendientes de medias a muy fuertes (12 % - 100 %) con un desnivel relativo entre 15 y 25 m. (fotografía 36).

Fotografía 36. Relieve colinado bajo.

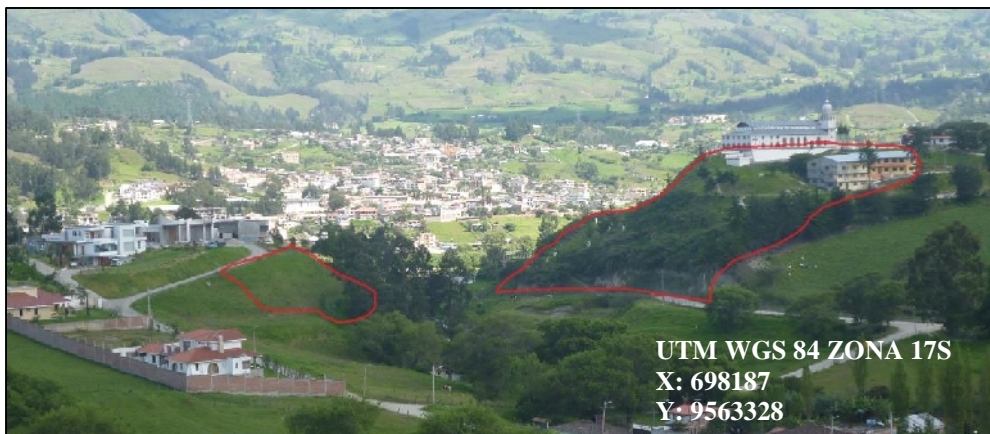


Fuente: Autor. 2016.

6.6.3.6 Relieve colinado medio

Comprenden colinas con cimas redondeadas, con pendientes que van de suaves a escarpadas (5 % - 150 %) y de medias a escarpadas (5 % - 150 %). Presentan desniveles relativos de 25 a 50 m y de 50 a 100 m. Se encuentran constituidas por lutitas (fotografía 37).

Fotografía 37. Relieve colinado medio.



Fuente: Autor. 2016.

6.7 Uso actual del suelo

El levantamiento del uso actual del suelo dio como resultado siete categorías, las cuales se exponen en el cuadro 26.

Cuadro 26. Uso actual del suelo.

Categoría	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Pastizales	72.147	55.50
Infraestructura y vías	34.805	26.77
Arbustos	6.752	5.19
Arboles	6.267	4.82
Zonas sin vegetación o denudadas	4.556	3.50
Cultivos	3.274	2.52
Acumulación de material	2.201	1.69
Fuente: Autor. 2016.		

De acuerdo al Cuadro anterior el uso del suelo que impera en el área de estudio es el de **pastizales (55.50 %)**, se encuentra en casi todo el sector abarcando un área de **72.147 ha**. **Vías e infraestructura** ocupan un área de **34.806 ha (26.77 %)** las cuales se encuentran distribuidas por toda el área de estudio.

Las coberturas de árboles y arbustos constituyen un área de **10.01 ha (10.823 %)** y se encuentran localizadas en su mayoría en la parte norte.

Zonas sin vegetación o denudadas se encuentran ubicadas en su mayoría en la parte central del sector; ocupan un área de **4.556 ha (3.5 %)**.

Las **áreas de cultivos** abarcan un área de **3.274 ha (2.52 %)** distribuidas en la parte norte, centro oriental y Sureste del área de estudio.

La **zona donde acumulan material** se encuentra localizada en la parte centro occidental del sector, ocupando un área de **2.201 ha (1.69%)**.

Se elaboró el mapa de uso actual del suelo a escala 1:5000, el mismo que se muestra en el Anexo 5.

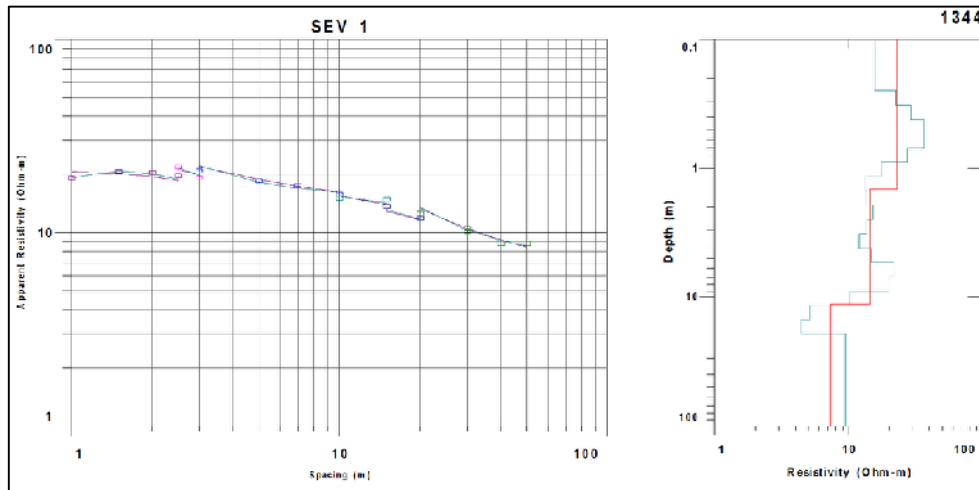
6.8 Descripción Geotécnica

6.8.1 Sondeos Eléctricos verticales

6.8.1.1 SEV 1

Los valores de resistividad aparente del SEV 1 se encuentran en el Anexo 10, de acuerdo al cálculo del SEV se obtuvo la curva de resistividad y el perfil del sondeo (figura 46).

Figura 46. Curva de resistividad y perfil del SEV 1.



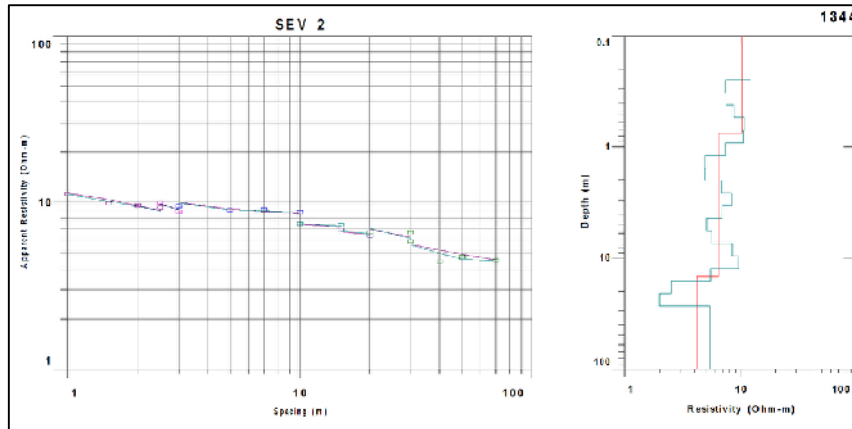
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

En función del perfil del SEV 1 (figura 46) se interpreta que está constituido por 3 estratos, el primero tiene una potencia **1.46 m** con una resistividad de **22.86 Ω m** por lo que se interpreta geológicamente como **lutitas**. El segundo horizonte se asume que son **arcillas** que tienen un espesor de **9.86 m** y una resistividad de **14.53 Ω m**, seguido de una capa de **arcillas húmedas** de potencia mayor a **5 m**, con una resistividad de **7.35 Ω m**.

6.8.1.2 SEV 2

De acuerdo al cálculo de las resistividades aparentes (Anexo 10), se determinó la curva de resistividad y perfil eléctrico, la misma que se observa en la figura 47.

Figura 47. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 2.



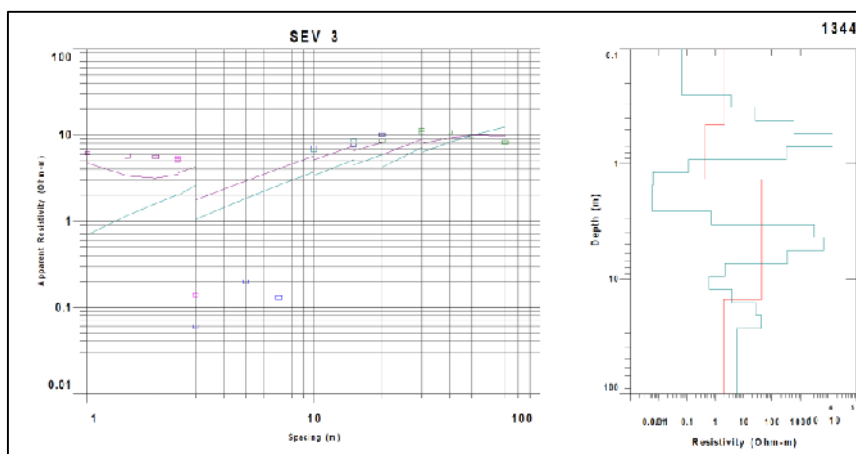
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

El SEV 2 se encuentra constituido por 3 estratos de distinta resistividad. El primer estrato comprende a **arcillas** con un espesor de **0.75 m** y una resistividad de **10.25 Ω m**. La segunda capa constituyen **arcillas húmedas**, presentan una potencia de **14.00 m** y resistividad de **6.44 Ω m**. El último horizonte corresponde a arcillas saturadas con un espesor mayor a **5 m** y resistividad de **4.18 Ω m**.

6.8.1.3 SEV 3

La curva de resistividad aparente y perfil del SEV se indican en la figura 48, obtenidas del cálculo de los valores de resistividad aparente (Anexo 10).

Figura 48. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 3.



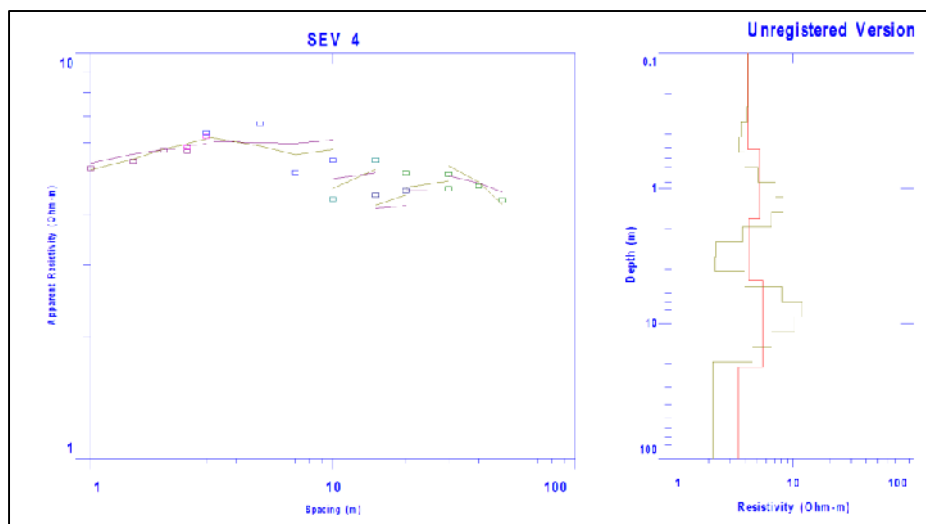
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

El perfil del SEV 3 se encuentra constituido por 4 estratos, los cuales presentan el siguiente orden. El primer estrato compuesto por **arcillas** de **0.45 m** de espesor con una resistividad de **10.25 Ω m**. El segundo horizonte se encuentra el **nivel freático en una capa arcillas** con una potencia de **0.92 m** y una resistividad de **0.426 Ω m**. la tercera capa constituyen **lutitas** con un espesor **13.74 m** y una resistividad de **42.22 Ω m**. El cuarto estrato corresponde a otro **nivel freático contenido en arcillas**, las cuales tienen un espesor mayor a **5 m** y una resistividad **1.85 Ω m**.

6.8.1.4 SEV 4

Con los datos de resistividad aparente medidos en campo (Anexo 10) se determinó las curvas de resistividad y el perfil eléctrico del SEV (figura 49).

Figura 49. Curva de resistividad y perfil eléctrico del SEV 4.



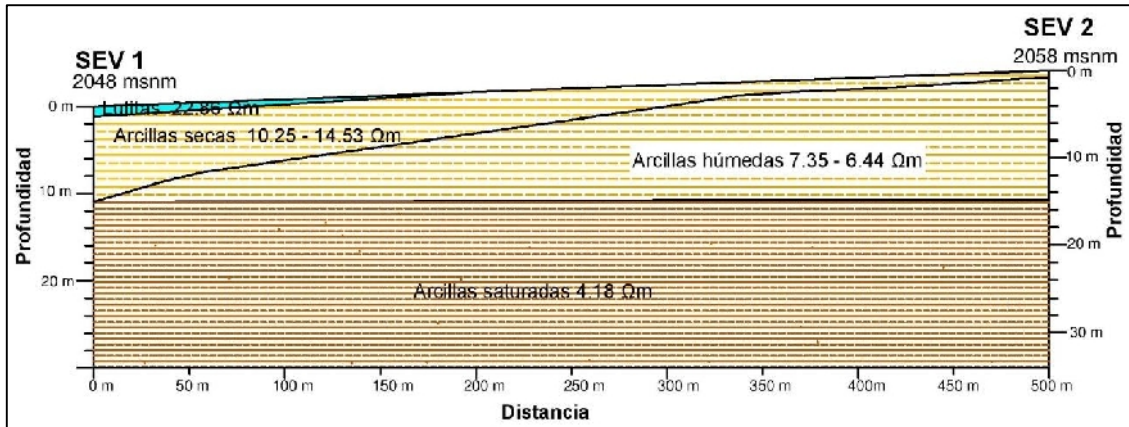
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA.

De acuerdo a esto el SEV 4, está formado por **arcillas húmedas y saturadas** con una potencia mayor a **10 m**, que se presentan en 4 capas de distinta resistividad, las cuales van de **3.52 Ω m** a **6.00 Ω m**.

6.8.1.5 Cortes geoelectricos

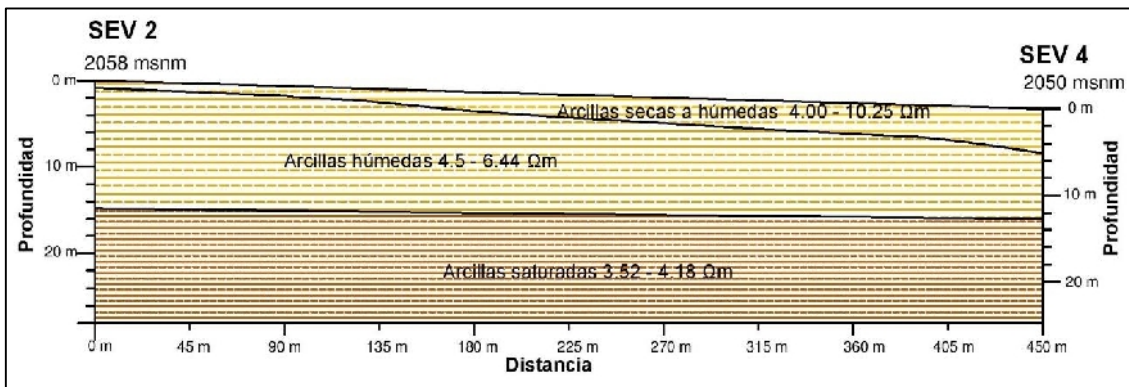
Los cortes geoelectricos, de las correlaciones de los SEV 1 - 2, 2 - 3 y 3 - 4, se muestran en las siguientes figuras.

Figura 50. Corte Geoeléctrico SEV 1 - 2.



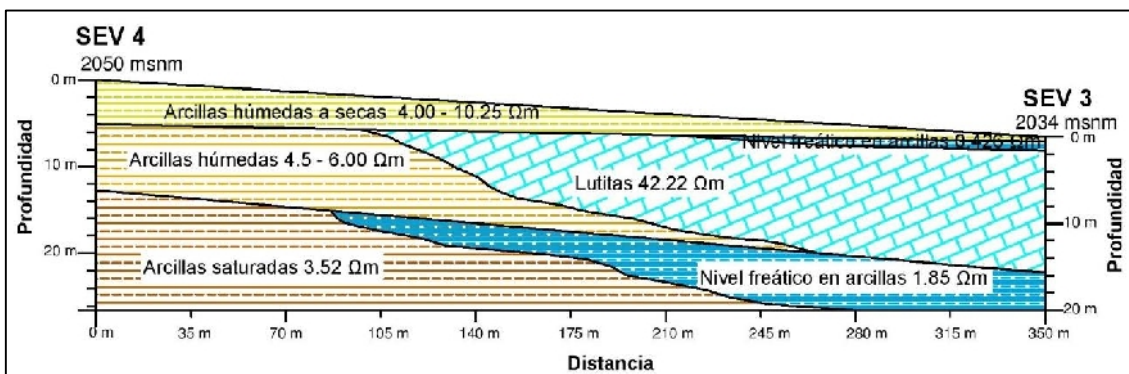
Fuente: Autor. 2016.

Figura 51. Corte Geoeléctrico SEV 2-4.



Fuente: Autor. 2016.

Figura 52. Corte Geoeléctrico SEV 3-4.



Fuente: Autor. 2016.

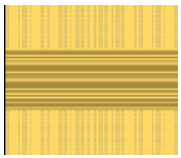
El corte geoeléctrico entre todos los SEV se muestra en el Anexo 11.

6.8.2 Ensayos de Penetración Estándar (SPT)

6.8.2.1 SPT 1

De acuerdo a los ensayos de SPT realizados por ESTSUELCON CIA LTDA, en la clasificación de suelos según la SUCS, número de golpes (N_{SPT}) dieron los siguientes resultados (cuadro 27).

Cuadro 27. N_{SPT} y clasificación SUCS del SPT 1.

Coordenadas	X: 698628		Y: 9562922	
Profundidad (m)	N_{SPT}	Clasificación SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del suelo
1.0	25	SC		Arenas arcillosas
2.0	34	CL		Arcillas de baja plasticidad
3.0	71	SC		Arenas arcillosas
4.0	Rechazo			

Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

Se estableció la humedad, ángulo de fricción efectivo (ϕ') y carga admisible (q_{ad}), cuyos valores se muestran en el cuadro 28.

Cuadro 28. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 1.

Profundidad (m)	ω (%)	ϕ' (°)	q_{ad} (Kg/cm ²)
1	19.91	10 *	2.87
2	19.18	14 *	3.91
3	19.18	16 *	7.33

* En base al cuadro 13.
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA., y Autor. 2016.

6.8.2.2 Interpretación Geotécnica:

En función del N_{SPT} y clasificación del suelo: la primera capa que corresponde a **arenas arcillosas** tiene una consistencia **muy firme**, con una densidad saturada de **2.19 g/cm³**, seca promedio de **1.88 g/cm³** y peso específico de **22.11 KN/m³**.

El segundo nivel se encuentra formado por **arcillas de baja plasticidad** de una consistencia **dura**, con una densidad saturada de **2.3 g/cm³**, seca promedio de **1.8 g/cm³** y peso específico de **21.04 KN/m³**.

El tercer nivel comprende **arenas arcillosas** de consistencia **dura**, de una densidad saturada de **2.3 g/cm³**, seca de **1.88 g/cm³**, y peso específico **21.98 KN/m³**.

El cálculo de la cohesión efectiva (c') se presenta en el cuadro 29.



Cuadro 29. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 1.

Profundidad (m)	IP (%)	γ (KN/m ³)	tv' (KPa)	c' (KPa)
1	18	22.11	22.11	3.90
2	21	21.04	43.15	8.10
3	21	21.98	65.13	12.22
Fuente: Autor. 2016.				

6.8.2.3 SPT 2

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de la clasificación de suelos, y el número de golpes obtenido del SPT 2.

Cuadro 30. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 2.

Coordenadas		X: 698290		Y: 9562878	
Profundidad (m)	N _{SPT}	Clasificación SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del suelo	
1.0	22	SC		Arenas arcillosas	
2.0	21				
3.0	35				
4.0	34	CH		Arcilla de alta plasticidad	
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.					

En el cuadro 31 se muestran los valores de humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 2.

Cuadro 31. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 2.

Profundidad (m)	ω (%)	ϕ' (°)	qad (Kg/cm ²)
1	26.20	9 *	2.53
2	26.20	9 *	2.41
3	30.19	14 *	3.61
4	13.93	14 *	3.65
* En base al cuadro 13. Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA., y Autor. 2016.			

6.8.2.4 Interpretación Geotécnica:

De acuerdo al N_{SPT} y clasificación del suelo, los 3 primeros metros de profundidad comprenden **arenas arcillosas**, de los cuales los 2 metros iniciales presentan una consistencia **muy firme** con una densidad saturada de **2.15 g/cm³**, seca promedio de **1.88 g/cm³** y peso específico de **23.27 KN/m³**, el tercer metro de profundidad corresponde a un suelo de consistencia **dura**, con una densidad saturada de **2.30 g/cm³**, seca de **1.88 g/cm³** y peso específico de **24.01 KN/m³**.

El cuarto último metro de profundidad corresponde a **arcillas de alta plasticidad** con una consistencia **dura** y una densidad saturada de **2.30 g/cm³**, seca promedio de **1.6 g/cm³** y peso específico de **17.88 KN/m³**.

El cálculo de la cohesión efectiva se presenta en el cuadro 32.


Cuadro 32. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 2.

Profundidad (m)	IP (%)	γ (KN/m ³)	tv' (KPa)	c' (KPa)
1	44	23.27	23.27	6.35
2	44	23.27	46.54	12.70
3	47	24.01	70.55	20.03
4	50	17.88	88.43	26.09
Fuente: Autor. 2016.				

6.8.2.5 SPT 3

En el cuadro 33 se presentan los resultados obtenidos de la clasificación del suelo y número de golpes del SPT 3.

Cuadro 33. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 3.

Coordenadas		X: 697944		Y: 9562960	
Profundidad (m)	N _{SPT}	Clasificación SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del suelo	
1.0	6	CL		Arcillas de baja plasticidad	
2.0 (nivel freático)	30	SM		Arena limosa	
3.0	16	SM		Arena limosa con clastos centimétricos de rocas metamórficas	
4.0	36				

Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

En el cuadro 34 se muestran los valores de humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 3.

Cuadro 34. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 3.

Profundidad (m)	ω (%)	ϕ' (°)	q _{ad} (Kg/cm ²)
1	30.29	6 *	2.53
2	28.66	40	2.41
3	11.27	32	3.61
4	11.27	41	3.65

En base al cuadro 13.
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA., y Autor. 2016.

6.8.2.6 Interpretación Geotécnica:

De acuerdo al N_{SPT} y clasificación del suelo, el primer metro de profundidad corresponde a **arcillas de baja plasticidad** que poseen una consistencia **media** con una densidad saturada de **1.84 g/cm³**, seca promedio de **1.8 g/cm³** y peso específico de **23.01 KN/m³**.

Los últimos 3 metros comprenden **arenas limosas**, de los cuales los 2 metros iniciales presentan una compacidad **media** con una densidad seca de **1.55 g/cm³** y un peso específico de **18.93 KN/m³** el primer metro, y **16.37 KN/m³** el segundo metro.

El último metro de arenas limosas tienen una compacidad **densa** con una densidad seca de **1.65 g/cm³** y peso específico de **18.01 KN/m³**.

El cálculo de la cohesión efectiva se presenta en el cuadro 35.

Cuadro 35. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 3.



Profundidad (m)	IP (%)	γ (KN/m ³)	tv' (KPa)	c' (KPa)
1	14	23.01	23.01	3.72
2	-	18.93	32.13	-
3	-	16.37	28.88	-
4	-	18.01	17.46	-

- Suelos no plásticos y granulares no presentan cohesión.
Fuente: Autor. 2016.

6.8.2.7 SPT 4

En el cuadro 36 se presentan los resultados obtenidos de la clasificación del suelo y número de golpes del SPT 4.

Cuadro 36. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 4.

Coordenadas		X: 698480		Y: 9563214	
Profundidad (m)	N _{SPT}	Clasificación SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del suelo	
1.0	19	CH		Arcillas de alta plasticidad	
2.0	19			Gravas de matriz arcillosa.	
3.0	22	GC		Clastos de lutita calcárea	
4.0	23				

Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.

En el cuadro 37 se muestran los valores de humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 4.

Cuadro 37. Humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 4.

Profundidad (m)	ω (%)	ϕ' (°)	qad (Kg/cm ²)
1	4.75	8 *	2.53
2	4.75	8 *	2.41
3	32.14	35	3.61
4	32.14	36	3.65
* En base al cuadro 13. Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA., y Autor. 2016.			

6.8.2.8 Interpretación Geotécnica:

De acuerdo al N_{SPT} y clasificación del suelo, los primeros 2 metros de profundidad corresponden a **arcillas de alta plasticidad** que poseen una consistencia **muy firme** con una densidad saturada de **2.12 g/cm³**, densidad seca promedio de **1.6 g/cm³** y peso específico de **16.41 KN/m³**. El siguiente nivel de 2 metros de profundidad comprende **gravas arcillosas**, que presentan una consistencia **Muy firme**, con una densidad saturada de **2.15 g/cm³**, seca media de **2.08 g/cm³** y peso específico de **26.96 KN/m³**.

El cálculo de la cohesión efectiva se presenta en el cuadro 38.

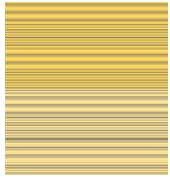
Cuadro 38. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 4.

Profundidad (m)	IP (%)	γ (KN/m ³)	tv' (KPa)	c' (KPa)
1	34	16.41	16.41	3.87
2	34	16.41	32.82	7.74
3	8	26.96	59.78	-
4	8	26.96	86.74	-
- Suelos granulares no presentan cohesión. Fuente: Autor. 2016.				

6.8.2.9 SPT 5

En el cuadro 39 se presentan los resultados obtenidos de la clasificación del suelo y número de golpes del SPT 5.

Cuadro 39. Número de golpes y clasificación del suelo del SPT 5.

Coordenadas		X: 698753		Y: 9562459
Profundidad (m)	N _{SPT}	Clasificación SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del suelo
1.0	15	CH		Arcillas de alta plasticidad
2.0	23			
3.0	36			
4.0	34			
Fuente: ESTSUELCON CIA. LTDA. 2016.				

En el siguiente cuadro se muestran los valores de humedad, ángulo de fricción efectivo y carga admisible del SPT 5.

Cuadro 40. Humedad, ángulo fricción efectivo y carga admisible del SPT 5.

Profundidad (m)	ω (%)	ϕ' (°)	qad (Kg/cm ²)
1	25.48	6 *	2.53
2	25.48	9 *	2.41
3	22.29	14 *	3.61
4	22.29	14 *	3.65
* En base al cuadro 13.			
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.			

6.8.2.10 Interpretación Geotécnica:

De acuerdo al N_{SPT} y clasificación del suelo, los 4 metros de profundidad analizados en este sondeo se encuentran formados por **arcillas de alta plasticidad**, de los cuales, el primer metro posee una consistencia **firme** con una densidad saturada de **2.08 g/cm³**, una densidad seca promedio de **1.6 g/cm³** y peso específico de **19.70 KN/m³**. El segundo metro presenta una consistencia **muy firme** con una densidad saturada de **2.15 g/cm³**, seca promedio de **1.6 g/cm³** y peso específico de **19.70 KN/m³**.

Los 2 últimos metros poseen una consistencia **dura** con una densidad saturada de **2.30 g/cm³**, densidad seca promedio de **1.6 g/cm³** y peso específico de **19.19 KN/m³**.

El cálculo de la cohesión efectiva se muestra en el cuadro 41.

Cuadro 41. Cálculo de la cohesión efectiva del SPT 5.

Profundidad (m)	IP (%)	γ (KN/m³)	tv' (KPa)	c' (KPa)
1	42	19.7	19.7	5.23
2	42	19.7	39.4	10.46
3	38	19.19	58.59	14.68
4	38	19.19	77.78	19.49
Fuente: Autor. 2016.				

6.8.2.11 Caracterización geotécnica de los conglomerados y areniscas.

Los conglomerados se encuentran constituidos por clastos de hasta 2 cm de diámetro de forma subredondeada y una matriz areno-limo-arcillosa, las areniscas presentan clastos que van de finos a gruesos. En función de esto se ha clasificado al suelo de acuerdo a la SUCS en, **GW-SW (gravas y arenas bien graduadas)**.

En el cuadro 42 se presenta los parámetros promedios de la densidad seca, ángulo de fricción efectivo y cohesión para estos suelos.

Cuadro 42. Densidad seca, ángulo de fricción interna y cohesión de GW-SW.

Densidad seca (g/cm³)	Ángulo de fricción efectivo (°)	Cohesión (kg/cm²)
2.02	33	-
En base al cuadro 18 Y 19. - Suelos granulares no presentan cohesión. Fuente: Autor. 2016.		

6.8.2.12 Comportamiento de las arcillas (Número de actividad)

El número de actividad de las arcillas de cada SPT y su interpretación se detallan en los siguientes cuadros.

Cuadro 43. Comportamiento de las arcillas SPT 1.

Profundidad (m)	IP (%)	Fracción de arcillas (% finos < 2mm)	Clasificación según SUCS	A	Interpretación
1	18	35	SC	0.51	Arcilla inactiva del tipo de las caolinitas con potencial de cambio de volumen bajo
2	21	72	CL	0.29	Arcilla inactiva del tipo de las caolinitas con potencial de cambio de volumen bajo
3	21	41	SC	0.51	Arcilla inactiva del tipo de las caolinitas con potencial de cambio de volumen bajo
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.					

Cuadro 44. Comportamiento de las arcillas SPT 2.

Profundidad (m)	IP (%)	Fracción de arcillas (% finos < 2mm)	Clasificación SUCS	A	Interpretación
1	44	45	SC	0.98	Arcilla normal del tipo ilita con potencial de cambio de volumen medio
2	44	47	SC	0.94	Arcilla normal del tipo ilita con potencial de cambio de volumen medio
3	47	42	SC	1.12	Arcilla normal del tipo ilita con potencial de cambio de volumen medio
4	50	65	CH	0.77	Arcilla normal del tipo ilita con potencial de cambio de volumen medio
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.					

Cuadro 45. Comportamiento de las arcillas SPT 3.

Profundidad (m)	IP (%)	Fracción de arcillas (% finos < 2mm)	Clasificación según SUCS	A	Interpretación
1	14	76	CL	0.18	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
2	-	27	SM	-	Suelo no plástico
3	.	10	SM	-	Suelo no plástico
4	-	10	SM	-	Suelo no plástico
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.					

Cuadro 46. Comportamiento de las arcillas SPT 4.

Profundidad (m)	IP (%)	Fracción de arcillas (% finos < 2mm)	Clasificación según SUCS	A	Interpretación
1	34	85	CH	0.40	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
2	34	93	CH	0.37	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
3	8	40	GC	0.20	Arcilla inactiva del tipo de caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
4	8	46	GC	0.17	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.					

Cuadro 47. Comportamiento de las arcillas SPT 5.

Profundidad (m)	IP (%)	Fracción de arcillas (% finos < 2mm)	Clasificación según SUCS	A	Interpretación
1-2	42	98	CH	0.37	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
3-4	38	95	CH	0.17	Arcilla inactiva del tipo caolinita con potencial de cambio de volumen bajo
Fuente: ESTSUELCON CIA LTDA y Autor. 2016.					

Todos los análisis de laboratorio de los SPT se encuentran detallados en el anexo 12.

6.8.2.13 Cálculo de la Cimentación.

- **Cimentación en las coordenadas X: 698628 Y: 9562922.**

Área de la losa: 3.5 m x 4.5 m (figura 53 a).

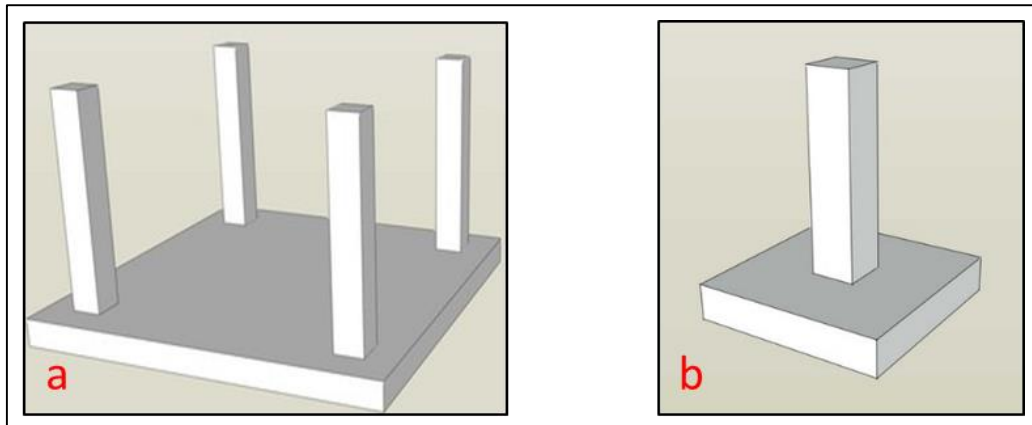
Carga Muerta (CM): 250 Kg/m².

Carga Viva (CV): 250 Kg/m².

Área de la zapata aislada para la relación (A): 1.5 m x 1.5 m (figura 53 b).

Carga admisible (q_{ad}): 3.91 Kg/cm² = 39.1 Ton/m².

Figura 53. Losa de cimentación (a) y zapata aislada (b).



Fuente: Fernández Antonio. 2016.

Área colaborante

$$A_c = a_1 \times b_1$$

$$A_c = 3.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} = 15.75 \text{ m}^2$$

Carga Total

$$Q = (C \times A_c) \times 4$$

$$Q = (500 \text{ Kg/m}^2 \times 15.75 \text{ m}^2) \times 4$$

$$Q = 31500 \text{ Kg} = 31.5 \text{ Ton}$$

Carga de la infraestructura

$$C = C_M + C_V$$

$$C = (250 + 250) \text{ Kg/m}^2 = 500 \text{ Kg/m}^2$$

Relación Carga Vs. Capacidad

Portante

$$q = Q/A$$

$$q = 31.5 \text{ Ton} / 2.25 \text{ m}^2$$

$$q = 14 \text{ ton/m}^2$$

$$q < q_{ad}$$

Acimentación

$$A = Q/q_{ad}$$

$$A = 31.5 \text{ Ton} / 39.1 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 0.805 \text{ m}^2$$

$$A = 0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m}$$

Interpretación: de acuerdo a los cálculos y en función de la carga admisible en este terreno (39.1 Ton/m²), se tiene que se pueden realizar cimentaciones de hasta 0.9 m x 0.9 m, pero no se recomienda ya que la norma mínima estándar para cimentaciones es de 1.5 m x 1.5 m, con eso se garantiza la integridad de la infraestructura y se previenen asentamientos.

- **Cimentación en las coordenadas X: 698290 Y: 9562878.**

Área de la losa: 3.5 m x 4.5 m.

Carga Muerta (CM): 250 Kg/m².

Carga Viva (CV): 250 Kg/m².

Área de la zapata aislada para la relación (A): 1.5 m x 1.5 m.

Carga admisible (q_{ad}): 2.41 Kg/cm² = 24.1 Ton/m².

Área colaborante

$$A_c = 15.75 \text{ m}^2$$

Carga Total

$$Q = 31.5 \text{ Ton}$$

Acimentación

$$A = 31.5 \text{ Ton} / 24.1 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 1.31 \text{ m}^2$$

$$A = 1.15 \text{ m} \times 1.15 \text{ m}$$

Carga de la Infraestructura

$$C = 500 \text{ Kg/m}^2$$

Relación Carga vs Capacidad Portante

$$q = 14 \text{ Ton/m}^2$$

$$q < q_{ad}$$

Interpretación: como se ve en este caso la carga admisible del terreno es mucho menor a la anterior (24.1 Ton/m²) por lo que se necesitara una cimentación mínima de 1.15 m x 1.15 m, de igual se recomienda por norma estándar una cimentación de 1.5 x 1.5 m, para garantizar la integridad de la infraestructura y prevenir asentamientos.

- **Cimentación en las coordenadas X: 697944 Y: 9562960.**

Datos:

Área de la losa: 3.5 m x 4.5 m.

Carga Muerta (CM): 250 Kg/m².

Carga Viva (CV): 250 Kg/m².

Área de la zapata aislada para la relación (A): 1.5 m x 1.5 m.

Carga admisible (q_{ad}): 2.52 Kg/cm² = 25.2 Ton/m².

Área colaborante

$$A_c = 15.75 \text{ m}^2$$

Carga de la Infraestructura

$$C = 500 \text{ Kg/m}^2$$

Carga Total

$$Q = 31.5 \text{ Ton}$$

Acimentación

$$A = 31.5 \text{ Ton} / 25.2 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 1.25 \text{ m}^2$$

$$A = 1.12 \text{ m} \times 1.12 \text{ m}$$

Relación Carga vs Capacidad Portante

$$q = 14 \text{ Ton/m}^2$$

$$q < q_{ad}$$

Interpretación: la carga admisible de este terreno es un poco mayor a la del segundo (25.2 Ton/m²), para construcciones de este tipo se necesitará tener como mínimo cimentaciones de 1.12 m x 1.12 m, pero se recomienda hacerlo 1.5 m x 1.5 m por norma, para prevenir asentamientos y asegurar la integridad de la obra.

- **Cimentación en las coordenadas X: 698480 Y: 9563214**

Área de la losa: 3.5 m x 4.5 m.

Carga Muerta (CM): 250 Kg/m².

Carga Viva (CV): 250 Kg/m².

Área de la zapata aislada para la relación (A): 1.5 m x 1.5 m.

Carga admisible (q_{ad}): 2.18 Kg/cm² = 21.8 Ton/m².

Área colaborante

$$A_c = 15.75 \text{ m}^2$$

Carga de la Infraestructura

$$C = 500 \text{ Kg/m}^2$$

Carga Total

$$Q = 31.5 \text{ Ton}$$

Acimentación

$$A = 31.5 \text{ Ton} / 21.8 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 1.45 \text{ m}^2 = 1.21 \text{ m} \times 1.21 \text{ m}$$

Relación Carga vs Capacidad Portante

$$q = 14 \text{ Ton/m}^2$$

$$q < q_{ad}$$

Interpretación: en este terreno la carga admisible es más baja que las anteriores (21.8 Ton/m²), sin embargo se puede realizar construcciones de este tipo requiriendo para ello una cimentación mínima de 1.21 m x 1.21 m, de la misma se forma lo recomendable es que se realicen a 1.5 m x 1.5 m.

- **Cimentación en las coordenadas X: 698753 Y: 9562459**

Área de la losa: 3.5 m x 4.5 m.

Carga Muerta (CM): 250 Kg/m².

Carga Viva (CV): 250 Kg/m².

Área de la zapata aislada para la relación (A): 1.5 m x 1.5 m.

Carga admisible (q_{ad}): 2.64 Kg/cm² = 26.4 Ton/m².

Área colaborante

Ac= 15.75m²

Carga de la Infraestructura

C= 500 Kg/m²

Carga Total

Q= 31.5 Ton

Relación Carga vs Capacidad Portante

q= 14 Ton/m²

q < q_{ad}

Acimentación

A= 31.5 Ton/26.4Ton/m²

A= 1.20 m² = 1.1 m x 1.1 m

Interpretación: en el último caso el terreno presente una carga admisible de 26.4 Ton/m², mayor que las 3 anteriores, según los cálculos para este tipo de infraestructura se necesita como mínimo una cimentación de 1.1 m x 1.1 m, se recomienda por norma estándar que se realicen de 1.5 m x 1.5 m para evitar problemas de asentamientos y de integridad de la obra.

6.9 Susceptibilidad a Deslizamientos

6.9.1 Método Multicriterio

Se realizó por el método de Jerarquías Analíticas de Saaty o de comparación por pares para los factores, estableciéndose la Razón de Inconsistencia (RC) de **0.029** lo que indica que el juicio fue válido, para la valoración de las clases de los factores, se efectuó por el método directo en una escala de evaluación del 1 al 5. En función a esto se determinaron cuatro grados de susceptibilidad los mismos que se exponen en el cuadro 48.

Cuadro 48. Grados de Susceptibilidad a deslizamientos en Amable María.

Grado de Susceptibilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy Baja	0.119	0.09
Baja	62.725	48.31
Moderada	53.884	41.50
Alta	13.114	10.10
Fuente: Autor. 2016.		

Susceptibilidad Muy Baja.- Corresponde al grado de menor proporción dentro del área de estudio, ocupando una superficie de 0.12 ha, correspondiente al 0.09%. Se caracteriza por presentar pendientes planas y ligeramente inclinadas (0° - 5°), el tipo de geomaterial que la constituye corresponde a conglomerados y areniscas; comprende relieves ondulados y zonas de pastizales.

Susceptibilidad Baja.- Esta zona se identifica por constituir pendientes planas a fuertemente inclinadas (0° – 15°), se encuentra constituida litológicamente por la terraza aluvial, conglomerados y areniscas, y lutitas. Su geomorfología comprende la terraza baja y relieves ondulado y escalonado. Abarca la mayor superficie del área de estudio con el 48.31 % (62.725 ha).

Susceptibilidad Moderada.- Comprende el 41.50 % del área de estudio (53.884 ha). Se encuentra constituida litológicamente en su mayoría por sedimentos no consolidados así también como lutitas y, material arcilloso y aluvial. Presenta pendientes ligeramente inclinadas a empinadas (2° – $> 35^{\circ}$); Su geomorfología corresponde a relieves ondulado, escalonado, colinado bajo, medio y superficies onduladas.

Susceptibilidad Alta.- Abarca un área de 13. 11 ha, el 10.1% de la zona de estudio. Se encuentra caracterizado por pendientes muy inclinadas (15° - 35°). Constituida por sedimentos no consolidados, y geomaterial arcilloso y aluvial. Geomorfológicamente se localiza representada por relieve colinado medio, relieve escalonado y deslizamientos.

Se elaboró el mapa de susceptibilidad a deslizamientos por el método multicriterio a escala 1:5000, el mismo que se encuentra en el Anexo 6.

6.9.2 Método Determinístico

6.9.2.1 Profundidad de falla a 1 m

- **Condiciones Normales**

La clase de estabilidad y factor de seguridad a deslizamientos en condiciones normales a una profundidad de falla de 1 m se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 49. Estabilidad a deslizamientos en condiciones normales y profundidad de falla 1 m.

Factor de seguridad	Estabilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
> 1.5	Estabilidad Alta	121.414	93.43
1.25 – 1.5	Estabilidad Media	5.598	4.31
1.0 – 1.25	Estabilidad Baja	2.578	1.98
0.5 – 1.0	Inestabilidad Baja	0.368	0.28
Fuente: Autor. 2016.			

Como se muestra en el cuadro anterior en condiciones normales y en una profundidad de falla de 1 m la zona de estudio presenta casi en su totalidad zonas estables altas y medias (97.74%).

Las **áreas críticas** que son de **inestabilidad baja y estabilidad baja**, corresponden a zonas de **pendientes** promedios de **38.72° y 36.91°**, con **pesos específicos** medios de **22.12 KPa y 21.95 KPa**, **cohesiones efectivas** promedios de **5.35 KPa y 5.48 KPa**, y **ángulos de fricción efectivos** medios de **16.19° y 18.41°** respectivamente. Comprenden un área de **2.95 ha**.

Se elaboró el mapa de estabilidad para este escenario a escala 1:5000 (Anexo 7.1).

- **Condiciones Saturadas**

La clase de estabilidad y factor de seguridad a deslizamientos en condiciones saturadas a una profundidad de falla de 1 m se presenta en el cuadro 50.

Cuadro 50. Estabilidad a deslizamientos en condiciones saturadas y profundidad de falla 1 m.

Factor de seguridad	Estabilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
> 1.5	Estabilidad Alta	109.307	84.11
1.25 – 1.5	Estabilidad Media	8.547	6.58
1.0 – 1.25	Estabilidad Baja	8.723	6.71
0.5 – 1.0	Inestabilidad Baja	3.378	2.6
Fuente: Autor. 2016.			

Según el cuadro 50 el **90.69%** del área de estudio comprenden **zonas de estabilidad alta y media**, para condiciones saturadas y una profundidad de falla de 1 m.

Las **zonas críticas de inestabilidad baja y estabilidad baja** ocupan un **área de 12.10 ha** (9.31 %). Presentan **pendientes promedio de 30.85° y 21.96°, pesos específicos saturados medios de 21.23 KPa y 21.12 KPa; cohesiones efectivas promedios de 5.36 KPa y 5.03 KPa; y ángulos de fricción efectivos medios de 19.0° y 18.17°** respectivamente.

Se representó cartográficamente este escenario a escala 1:5000, el cual se encuentra en el Anexo 7.2.

6.9.2.2 Profundidad de falla a 2 m

- **Condiciones Normales**

La clase de estabilidad y factor de seguridad a deslizamientos en condiciones normales a una profundidad de falla de 1 m se presentan en el cuadro 51.

Cuadro 51. Estabilidad a deslizamientos en condiciones normales y profundidad de falla 2 m.

Factor de seguridad	Estabilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
> 1.5	Estabilidad Alta	123.181	94.79
1.25 – 1.5	Estabilidad Media	4.327	3.33
1.0 – 1.25	Estabilidad Baja	2.2	1.69
0.5 – 1.0	Inestabilidad Baja	0.247	0.19
Fuente: Autor. 2016.			

Conforme al cuadro anterior el **98.12%** del área de estudio presentan **estabilidad alta y media** en un escenario de condiciones normales a una profundidad de falla de 2 m.

Las zonas críticas que son de **inestabilidad baja y estabilidad baja**, comprenden un área de 2.25 ha (1.88 %). corresponden a zonas de **pendientes** promedios de **31.57°** y **37.91°**, con **pesos específicos** medios de **22.60 KPa** y **22.20 KPa**, **cohesiones efectivas** promedios de **11.52 KPa** y **11.22 KPa**, y **ángulos de fricción efectivos** medios de **20.39°** y **20.61°** respectivamente.

Se elaboró el mapa de estabilidad para este escenario a escala 1:5000 (Anexo 7.3).

- **Condiciones Saturadas**

El factor de seguridad y la clase de estabilidad a deslizamientos en condiciones saturadas a una profundidad de falla de 2 m se presentan en el cuadro 52.

Cuadro 52. Estabilidad a deslizamientos en condiciones saturadas y profundidad de falla 2 m.

Factor de seguridad	Estabilidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
> 1.5	Estabilidad Alta	110.71	85.19
1.25 – 1.5	Estabilidad Media	8.841	6.8
1.0 – 1.25	Estabilidad Baja	7.579	5.83
0.5 – 1.0	Inestabilidad Baja	2.823	2.17
Fuente: Autor. 2016.			

De acuerdo al cuadro 52 el **91.99 %** corresponden a zonas de **estabilidad alta y media** para un escenario de profundidad de falla 2 m y en condiciones saturadas.

Las **zonas críticas de inestabilidad baja y estabilidad baja** ocupan un **área de 10.4 ha** (8 %). Presentan **pendientes** promedio de **33.36° y 23.32°**, **pesos específicos saturados** medios de **21.38 KPa y 21.35 KPa**; **cohesiones efectivas** promedios de **11.11 KPa y 10.2 KPa**; y **ángulos de fricción efectivos** medios de **21.63° y 20.45°** respectivamente.

Se elaboró el mapa de estabilidad de este escenario a escala 1:5000 (Anexo 7.4).

6.9.2.3 Validación

Se realizó la caracterización de los deslizamientos identificados en el área de estudio los mismos que se encuentran en el Anexo 13.

La correlación de los deslizamientos y los mapas de susceptibilidad tanto del método multicriterio y determinístico, se detallan en el cuadro 53.

Cuadro 53. Correlación de los mapas de susceptibilidad con los deslizamientos.

Deslizamiento	Coordenadas UTM WGS 84		Método Multicriterio	Método Determinístico			
	X	Y		Profundidad de falla 1 m		Profundidad de falla 2 m	
				Condiciones Normales	Condiciones Saturadas	Condiciones Normales	Condiciones Saturadas
D1	698444	9563190	(1) Susceptibilidad Alta	(0) Estabilidad alta	(0.5) Estabilidad baja y alta	(0) Estabilidad alta	(0.5) Estabilidad baja y alta
D2	698659	9562922	(1) Susceptibilidad Alta	(0.5) Estabilidad baja y media	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(0) Estabilidad alta	(0.5) Estabilidad baja y media
D3	698731	9562527	(1) Susceptibilidad Alta	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja
D4	698786	9562433	(1) Susceptibilidad Alta	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja	(0.5) Estabilidad baja y media	(1) Inestabilidad baja y estabilidad baja
D5	698850	9562511	(1) Susceptibilidad Alta	(0) Estabilidad media	(1) Estabilidad baja	(0) Estabilidad alta	(1) Estabilidad baja
Total			5	2.5	4.5	1.5	4
Porcentaje de Correlación			100%	50 %	90%	30%	80%
(0)= No se correlaciona. (1)= Se correlaciona. (0.5)=Correlación intermedia. Fuente: Autor. 2016.							

Como se observa en el cuadro anterior el porcentaje de correlación entre los mapas de susceptibilidad y los deslizamientos es muy variado.

Así se tiene con respecto al mapa de susceptibilidad por el método multicriterio una correlación del 100% con los deslizamientos, ya que estos se encuentran zonificados dentro de la zona de alta susceptibilidad.

Con respecto al método determinístico se tiene diferencias en función de los escenarios, es así que en condiciones normales se tiene un porcentaje de correlación del 50% para una profundidad de falla 1 m y una correlación del 30% para una profundidad de falla de 2 m. Mientras que para unas condiciones saturadas se tiene una correlación del 90% y 80% respectivamente. Con esto se deduce que los deslizamientos en la zona de estudio son influenciados principalmente por la presión del agua.

7. DISCUSIÓN

De acuerdo al estudio de Riesgo Urbano en la ciudad de Loja desarrollada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, en el 2008; con respecto a deslizamientos. Se establece que en los sectores de Amable María, Chinguilanchi, Parque Industrial, Estancia Norte, Inmaculada y la Paz. Presentan una zona de riesgo Alto y Muy Alto (Parte Alta de Chinguilanchi) con un 32% y de bajo a Muy bajo 42% Moderado el 26%. Debido a zonas muy susceptibles a movimientos de masa por condiciones litológicas y geomorfológicas.

En la presente investigación se corroboran esos resultados, ya que existe en el área de estudio zonas de alta susceptibilidad a deslizamientos (10.10 %), encontrándose además a que se deben a geomateriales del tipo arcilloso, pendientes muy inclinadas a empinadas, y geomorfológicamente a colinas medias, terrazas bajas y cauce actual, incluyendo los deslizamientos.

En el estudio de Riesgos establecida por el GADML, así como en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja (2012), no se analiza geotécnicamente los terrenos, desconociendo los parámetros geomecánicos de los mismos y su comportamiento con el agua, lo cual es fundamental para analizar las causas de la inestabilidad y desarrollar medidas de estabilización y control. Instituyendo de igual forma un ordenamiento territorial adecuado.

En esta investigación por el contrario 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 cual se pudo determinar de manera confiable, en base al método científico, las causas de inestabilidad, las mismas que corresponden al agua, producto de la infiltración; criterio importante que no es analizado en los estudios de Riesgo y PDYOT de la Municipalidad de Loja.

8. CONCLUSIONES

La topografía del sector comprende altitudes que van desde los 2009 hasta los 2132 msnm. Las partes más bajas se encuentran en la parte Oeste de la avenida Salvador Bustamante Celi y las más altas en la parte norte y este del área de estudio. Las pendientes se categorizaron en Planas (18.56 %), Ligeramente inclinadas (18.73 %), fuertemente inclinadas (47.66 %), muy inclinadas (14.06 %) y empinadas (0.99 %).

La geología regional del área de estudio corresponde a la formación San Cayetano y depósitos aluviales, dentro de la geología local se tiene sedimentos no consolidados, lutitas plegadas, terraza baja con sedimentos y arcillas con aluviales.

Geomorfológicamente se determinaron 3 Unidades Genéticas, 12 Unidades Geomorfológicas y 29 Morfometrías. Según la génesis Depositional se tiene las Unidades geomorfológicas tales como: Terraza baja y cauce actual, Terraza baja, Valle fluvial y Cono de Deyección. Dentro de la génesis Denudativo se identificó a los deslizamientos. De acuerdo al origen Tectónico erosivo están: las superficies onduladas, los relieves ondulados, escalonados, colinado muy bajo, bajo y medio.

El Uso Actual de Suelo del Barrio Amable María corresponde a pastizales (55.50%), infraestructura y vías (26.77 %), arbustos (5.19 %), árboles (4.82 %), zonas sin vegetación o denudadas (3.50 %), cultivos (2.52 %) y Acumulación de material (1.69 %).

Con los Sondeos Eléctricos Verticales se estableció el nivel freático en la zona de estudio, la cual se presenta a un metro de profundidad en las partes bajas, además se corroboró los tipos de litología identificados, de acuerdo a la interpretación de la resistividad eléctrica de los geomateriales.

Según los análisis de laboratorio se determinaron que los suelos son del tipo arcillas de baja y alta plasticidad (CL, CH), arenas arcillosas (SC), gravas arcillosas (GC) y arenas limosas (SM), de acuerdo a la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

Las arcillas presentan un comportamiento que varía del tipo inactivo con cambio de volumen bajo (tipo caolinita) a normal con cambio de volumen medio (ilita). En función a la carga de cimentación estándar, los suelos presentan cargas admisibles que soportan la misma, requiriendo para ello bases estándar de 1.5 m x 1.5 m.

La susceptibilidad a deslizamientos por el método multicriterio precisó 4 grados de susceptibilidad comprendidos en Muy Baja (0.09 %), Baja (48.31 %), Moderada (41.50 %) y Alta (10.10 %), las zonas de alta susceptibilidad se encuentran ubicadas en la parte norte y este del área de estudio.

Por el método determinístico se estableció el cálculo de la estabilidad para 4 escenarios. Para una profundidad de falla de 1 m en condiciones normales se determinó, estabilidad alta (93.43 %), estabilidad media (4.31 %), estabilidad baja (1.98 %) e inestabilidad baja (0.28 %). En una profundidad de falla de 1 m y en condiciones saturadas se estableció, estabilidad alta (84.11%), estabilidad media (6.58 %), estabilidad baja (6.71 %) e inestabilidad baja (2.6 %).

Para una profundidad de falla de 2 m en condiciones normales se determinó, estabilidad alta (94.79 %), estabilidad media (3.33 %), estabilidad baja (1.69 %) e inestabilidad baja (0.19 %). En una profundidad de falla de 2 m y en condiciones saturadas se estableció, estabilidad alta (85.19 %), estabilidad media (6.80 %), estabilidad baja (5.83 %) e inestabilidad baja (2.17 %).

Los deslizamientos en la zona de estudio se generan casi en su totalidad por efecto del agua, en terrenos arcillosos con pendientes elevadas.

9. RECOMENDACIONES

En el Barrio Amable María, se deben realizar medidas de estabilización y control, especialmente para el agua subterránea, en las áreas de baja estabilidad e inestabilidad, localizadas especialmente en la parte norte y este, y que estén destinadas a desarrollo urbanístico.

En las áreas inestables y que no estén destinadas a la construcción pueden instaurarse áreas verdes y de recreación.

En las zonas de baja inestabilidad y estabilidad (alrededor del 9.3 %) que se encuentren con infraestructuras, se debe en la brevedad posible, realizar una evaluación exhaustiva del terreno, para controlar infiltraciones de agua, ya que pueden tener problemas especialmente en épocas de lluvias excesivas, lo cual pueden debilitar el terreno, provocando daños en las mismas y en las personas que las habitan.

Para futuros planes de desarrollo y ordenamiento territorial, en lo que respecta a expansión urbana, es fundamental realizar estudios geotécnicos, esto es sondeos eléctricos verticales, ensayos de penetración estándar, complementándose con ensayos de resistencia a la compresión simple y al corte en condiciones drenadas, enfocadas a análisis de estabilidad. De igual forma con estudios geohidrológicos para determinar la permeabilidad y transmisibilidad de los suelos, y su comportamiento en contacto con el agua, ya que es el principal agente desencadenante para movimientos de masa especialmente en la Hoya de Loja.

10. BIBLIOGRAFÍA

ARISTIZÁBAL Edier, MARTÍNEZ Hernán y VÉLEZ Jaime. (2010). “Una revisión sobre el Estudio de Movimientos en Masa Detonados por Lluvias”. Revista Académica de Ciencias. Colombia.

ARNOLD Edward. (2000). “Geología para ingenieros”. Blyth, F.G.H. México.

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

BAÑÓN Luis y BEVIÁ José. (2000). “Manual de Carreteras II”. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras S.A. España.

BARBA-ROMERO Sergio y POMEROL Jean. (1997). “Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica”. Colección de Economía. Servicio de Publicaciones. Universidad de Alcalá. España.

BRAJA M. Das. (2001). “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Thomson Learning. México.

BRUNSDEN D. and PRIOR D.B. (1979). “Slope Stability”. John Wiley and Sons. United States of America.

CALVELLO M., CASCINI L. and MASTROIANNI S. (2013). “Landslide Zoning over Large areas from a Sample Inventory by means of Scale-dependent Terrain units”. Geophys J Roy Astron Soc. United States of America.

CARCEDO Francisco. (2003). “Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG”. Instituto Geológico y Minero de España. España.

CENTRO DE LEVANTAMIENTOS INTEGRADOS DE RECURSOS NATURALES POR SENSORES REMOTOS Y MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA. (2012). “Proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio Nacional. Escala 1:25000. Memoria Técnica Geomorfología Cantón Mocache”. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Ecuador.

CHELOTI L., ACOSTA N., y FOSTER M. (2009). “Cátedra de Geofísica Aplicada”. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina.

CRESPO VILLALAZ Carlos. (2004). “Mecánica de Suelos y Cimentaciones”. Limusa. México.

DUQUE ESCOBAR Gonzalo. (2003). “Manual De Geología Para Ingenieros.” Universidad Nacional De Colombia.

FERNÁNDEZ E., y LÓPEZ A. (2004). “Del papel a la montaña: Iniciación a las prácticas de cartografía geológica”. México.

GARCÍA Antonio y ROSIQUE Manuel. (1994) “Topografía básica para ingenieros”. Universidad de Murcia. España.

GONZÁLEZ DE VALLEJO L., FERRER M., ORTUÑO L. y OTEO C. (2002). “Ingeniería Geológica”. Prentice Hall. España.

GRUPO GEOTECNINA. (2013). “Introducción A La Geotecnia: Tipos Y Propiedades Generales De Los Suelos”. Universidad de Cantabria. España.

GUAMÁN JARAMILLO Galo. (2008). “Riesgos Naturales en el Área Urbana de la ciudad de Loja”. Ilustre Municipio de Loja. Ecuador.

GUTIÉRREZ ELORZA Mateo. (2008). “Geomorfología”. Pearson Educación. España.

GUTTENBERG Albert. (1959). "A Multiple Land Use Classification System". Journal of the American Planning Association. United States of America.

HUNT Roy. (1984). "Geotechnical Engineering Investigation Manual". McGraw-Hill. United States of America.

INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO Y MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA. (2013). "Proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio Nacional. Escala 1:25000. Memoria Técnica Geomorfología Cantón Loja". Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Ecuador.

LAN H. X., ZHOU C. H., WANG L. J., ZHANG H., and, LI R.H. (2004). "Landslide Hazard Spatial Analysis and Prediction Using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China". State Key Laboratory of Resources & Environmental Information System (LREIS), Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101. PR CHINA.

MÁRQUEZ Heliodoro. (1999). "Métodos Matemáticos de Evaluación de Factores de Riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una Aplicación GIS del Método de Jerarquías Analíticas de T.L. Saaty. SPAL. España.

MONTEROSO Mario. (2013). "Guía Práctica: Clasificación de Imágenes Satelitales". Guatemala.

MORENO G., VALENCIA J., CÁRDENAS C., y VILLA W. (2007). "Fundamentos e Ingeniería de las puestas a tierra: Respuestas ante fallas eléctricas y rayos". Universidad de Antioquia. Colombia.

MORENO JIMÉNEZ José. (2001). "El Proceso Analítico Jerárquico. Fundamentos, Metodología y Aplicaciones". Universidad de Zaragoza. España.

ORELLANA E. (1982). “Prospección Geoeléctrica en corriente continua”. Paraninfo. España.

PINHEIRO Ricardo y TABORDA Claudinei. (2014). “Clasificación Morfológica del Relieve De Uruguay basada en Modelos Digitales de Elevación y Técnicas Geomorfométricas”. Universidad Nacional de Luján. Argentina.

PNUMA, GADML y NATURALEZA Y CULTURA INTERNACIONAL. (2007). “Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEOLoja”. PNUMA, GADML Y NATURALEZA Y CULTURA INTERNACIONAL. Ecuador.

SAATY Thomas. (1980). “The Analytic Hierarchy Process”. McGraw Hill. United States of America.

SANTOS Iván. (2007). “Métodos de Prospección Geofísica”. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

SARKAR S., and KANUNGO D.P. (2004) “An Integrated Approach for Landslide Susceptibility Mapping using Remote Sensing and GIS”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. United States of America.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. (2015). “Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa”. Imprenta Nacional de Colombia. Colombia.

SIERRA Luz María. (2009). “Estudio Geoeléctrico de Prospección de Aguas Subterráneas en el área de Malagana, para el Corregimiento de San Cayetano, San Juan – Bolívar”. Asesorías Geológicas. Colombia.

SKEMPTON A. W. (1953). “The Colloidal Activity of Clays,” Selected Papers on Soil Mechanics. United States of America.

SKEMPTON A. W. (1957). "A Contribution to the Settlement Analysis of Foundations on clay". Geotechnique. United States of America.

SUAREZ Jaime. (2009). "Deslizamientos: Análisis Geotécnico". Universidad Industrial de Santander. Colombia. United States of America.

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

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

TERZAGHI K. V. (1936). "The shearing resistance of saturated soils and the angle between the planes of shear". Proceedings of the 1st international conference on soil mechanics and foundation engineering. Harvard University. United States of America.

VAN WESTEN C.J. (1999). "Zonificación Determinística de Peligros de Deslizamiento Caso de Estudio: Manizales, Colombia". Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) Instituto Internacional de Ciencias de la Geoinformación y Observación Terrestre (ITC) y Programa de Acción Regional para Centro América (RAPCA). Colombia.

VICENS L. (2009). "Fuentes y Adquisición de Datos: Clasificación de Imágenes". Universidad de Girona. España.

WEISS A. (2001). "Topographic Position and Landforms Analysis". Poster Presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA. United States of America.

11. ANEXOS

ANEXO 1. Mapa Topográfico.

ANEXO 2. Mapa de Pendientes.

ANEXO 3. Mapa Geológico.

ANEXO 4. Mapa Geomorfológico.

ANEXO 5. Mapa de Uso Actual del Suelo.

ANEXO 6. Mapa de Susceptibilidad a deslizamientos por el Método Multicriterio.

ANEXO 7. Mapas de Susceptibilidad a deslizamientos por el Método Determinístico.

ANEXO 7.1. Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 1m en condiciones normales.

ANEXO 7.2. Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 1 m en condiciones saturadas.

ANEXO 7.3. Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 2 m en condiciones normales.

ANEXO 7.4. Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 2 m en condiciones saturadas.

ANEXO 8. Fichas de descripción de Afloramientos.

ANEXO 9. Fichas de la descripción Geomorfológica.

ANEXO 10. Datos de campo de los Sondeos Eléctricos Verticales.

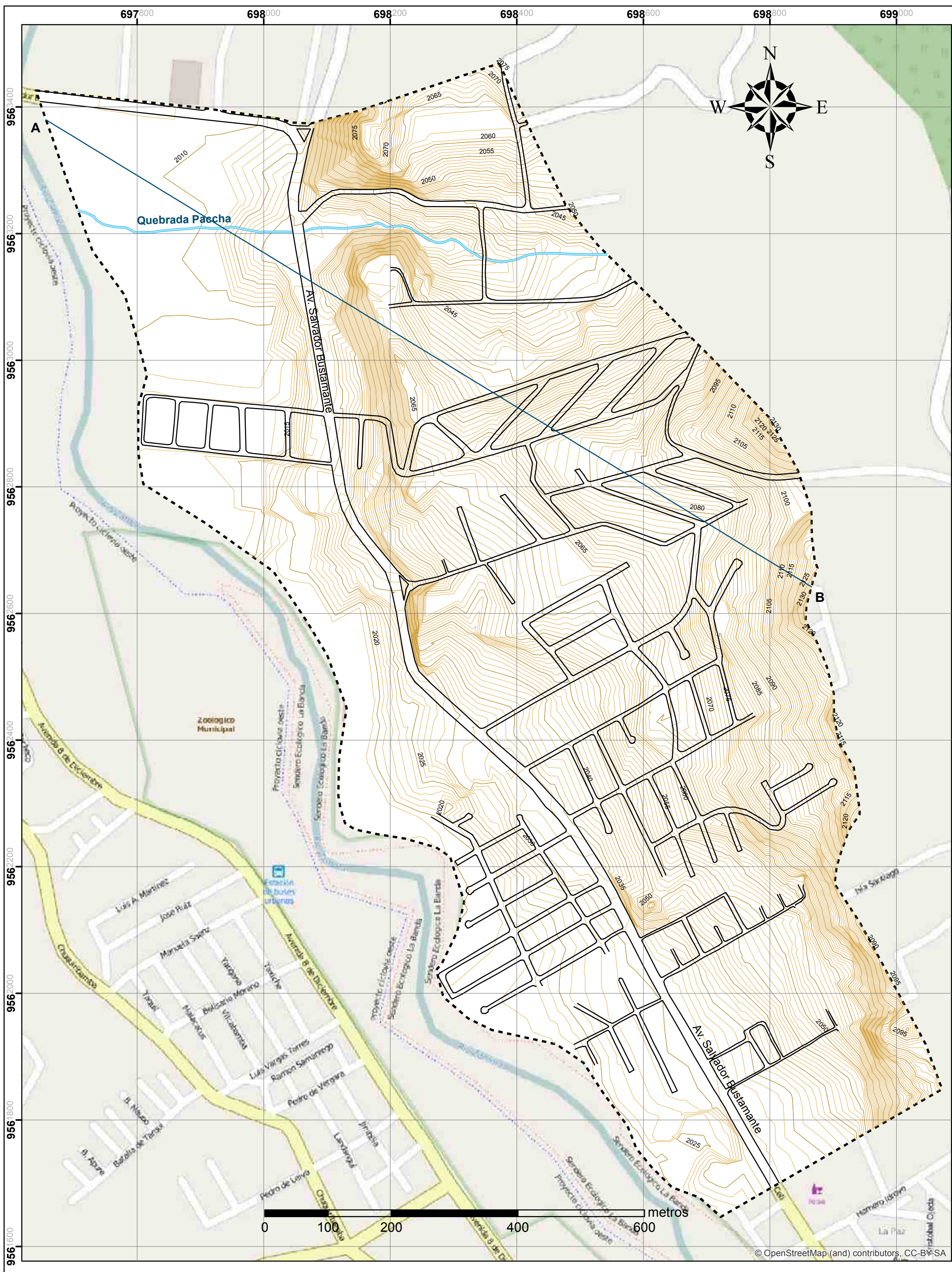
ANEXO 11. Corte Geoeléctrico de los Sondeos Eléctricos Verticales.

ANEXO 12. Ensayos de Penetración Estándar.

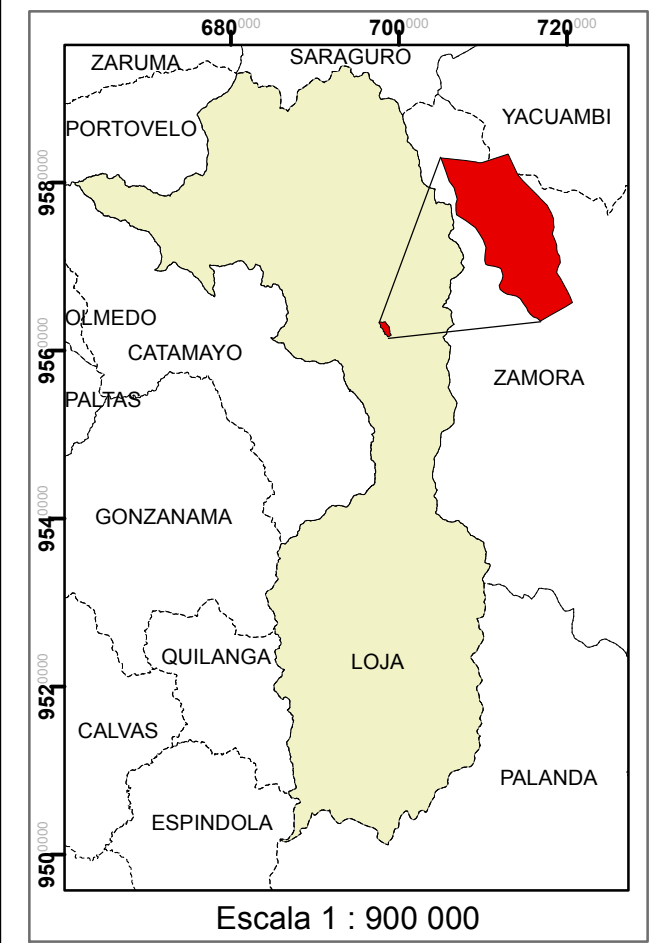
ANEXO 13. Fichas de la caracterización de deslizamientos.

ANEXO 14. Comprobación del Modelo Analítico Jerárquico de Saaty y Ponderación por el Método Directo.

ANEXO 1. Mapa Topográfico



Ubicación en el Cantón Loja

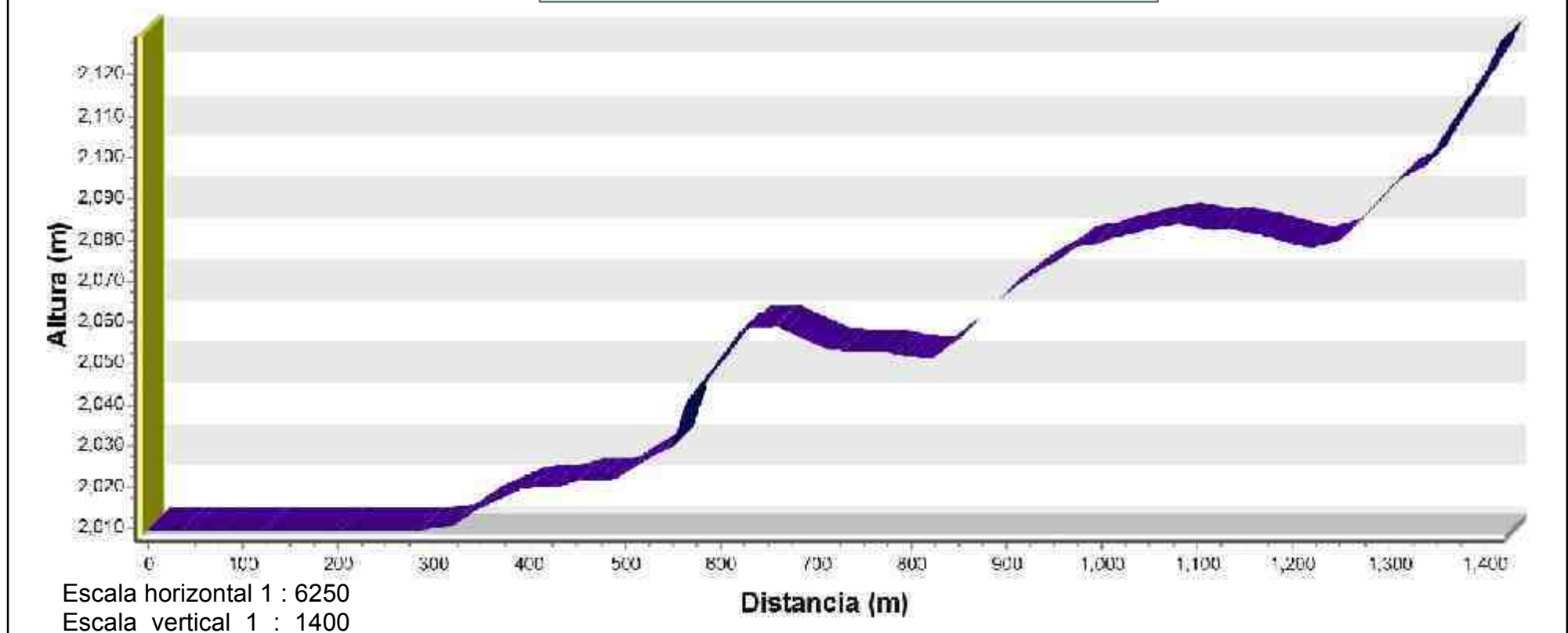


Proyección Universal Transversal de Mercator
 Datum Horizontal: WGS84
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

LEYENDA

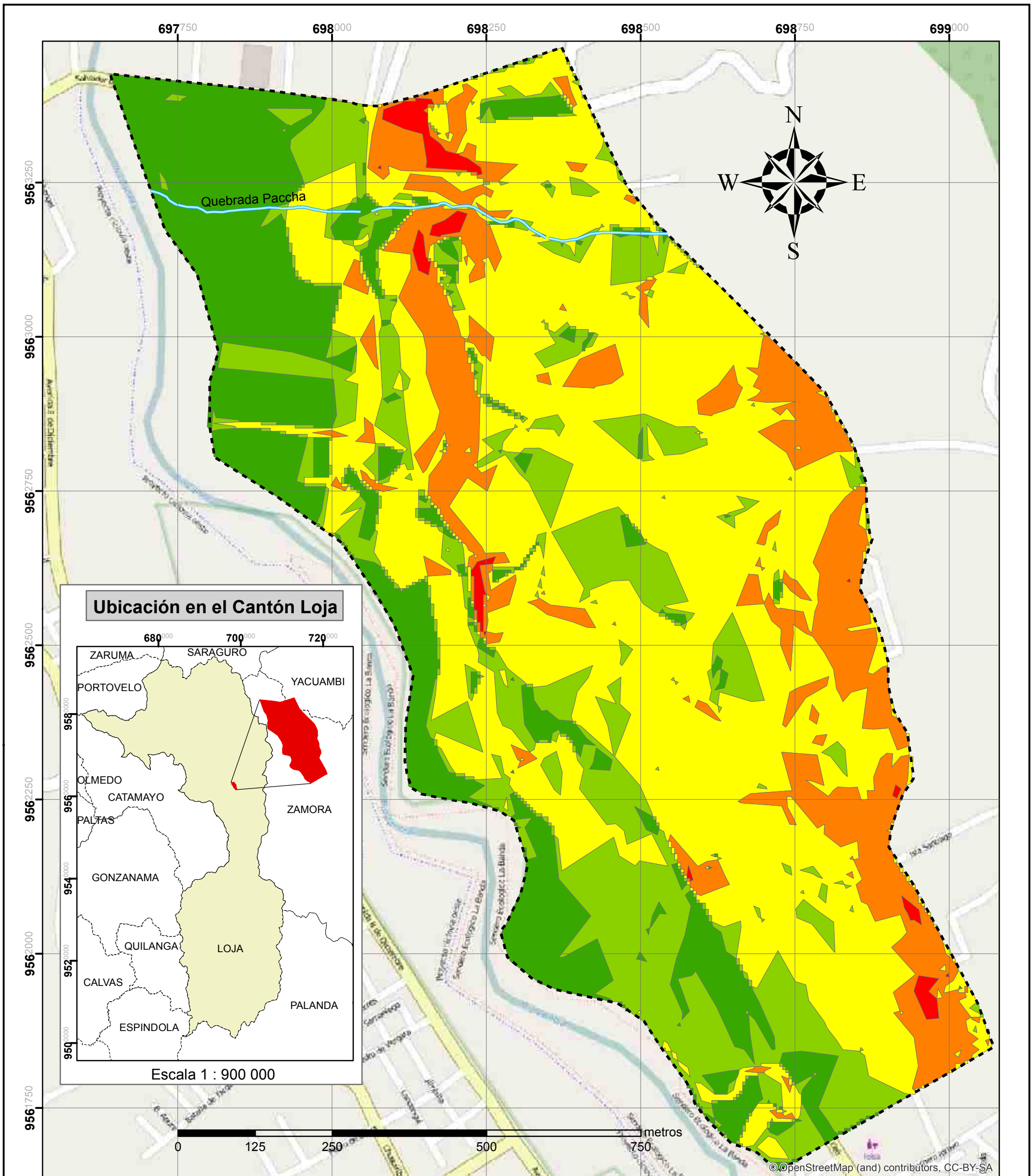
- Barrio Amable María
- Curvas de Nivel Principales cada 5 m
- Curvas de Nivel Secundarias cada metro
- Vías
- Quebrada Paccha
- Corte Topográfico
- Mapa Base OpenStreetMap

CORTE TOPOGRÁFICO DE LA LÍNEA A - B

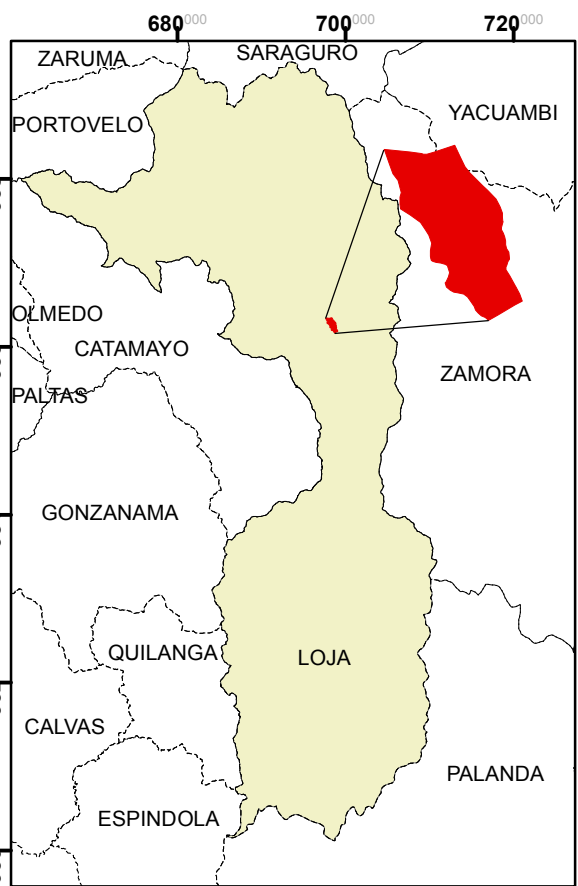


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR	
TÍTULO: Topografía del Barrio Amable María	
	Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante
	Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines
Área: 130.00 Ha	Perímetro: 5.35 Km
Escala 1 : 5 000	N° 1

ANEXO 2. Mapa de Pendientes



Ubicación en el Cantón Loja



Escala 1 : 900 000

0 125 250 500 750 metros

©OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Legenda

Pendientes

Rango (°)	Categoría	Área	%
0 - 2	Plano (planicie)	24.119	18.56
2 - 5	Ligeramente inclinado	24.331	18.73
5 - 15	Fuertemente inclinado	61.931	47.66
15 - 35	Muy inclinado	18.272	14.06
> 35	Empinado	1.283	0.99

Simbología Convencional

- Barrio Amable María
- Quebrada Paccha
- Mapa Base OpenStreetMap

Proyección Universal Transversal de Mercator
Datum Horizontal: WGS84
Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad
Zona 17 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR

TÍTULO: Pendientes del Barrio Amable María



Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante

Revisado por : Ing. Jimmy Stalin Paladines



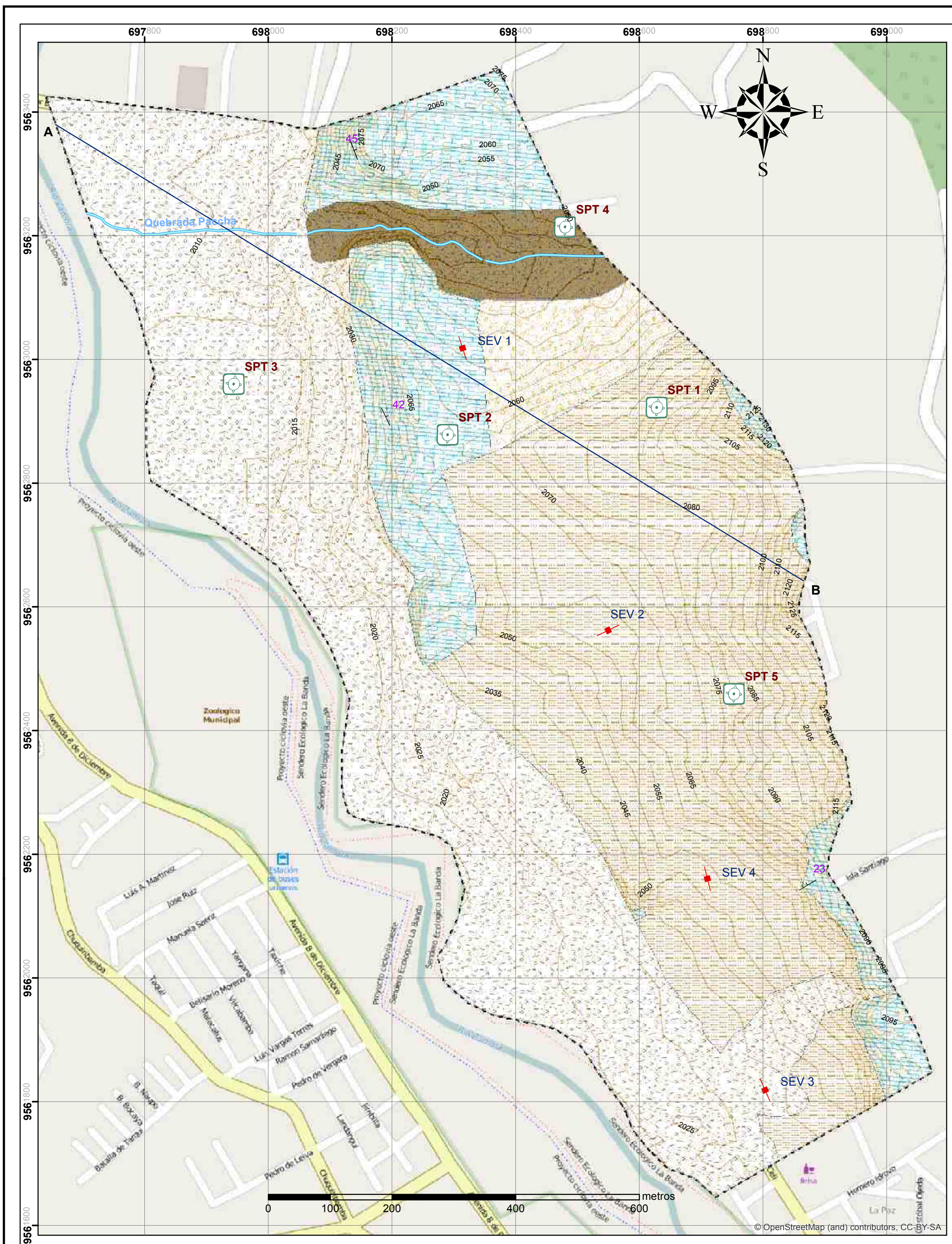
Área: 130.00 Ha

Perímetro: 5.35 Km

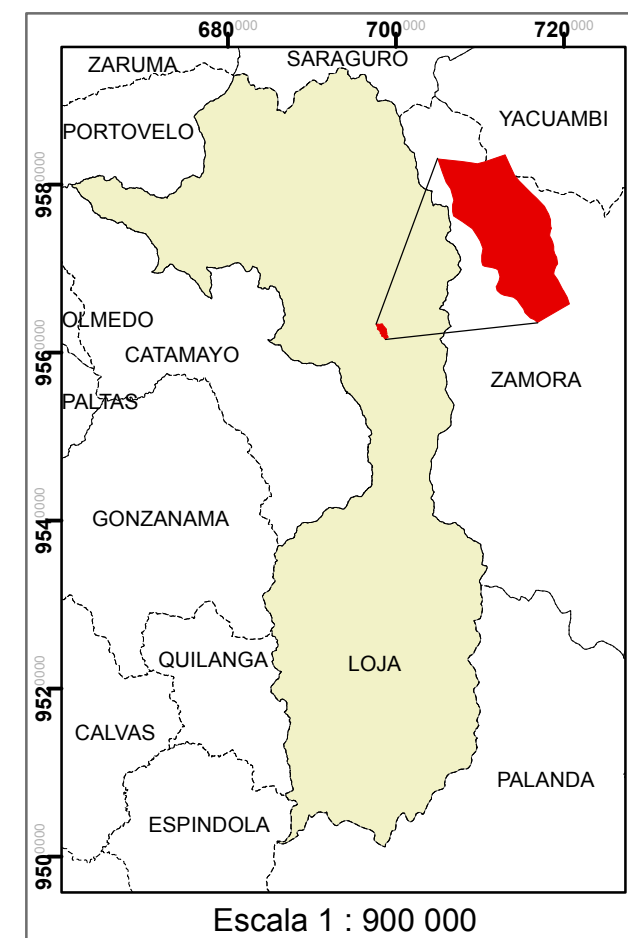
Escala de Trabajo 1 : 5 000
Escala de Impresión 1:6 000

N° 2

ANEXO 3. Mapa Geológico



Ubicación en el Cantón Loja



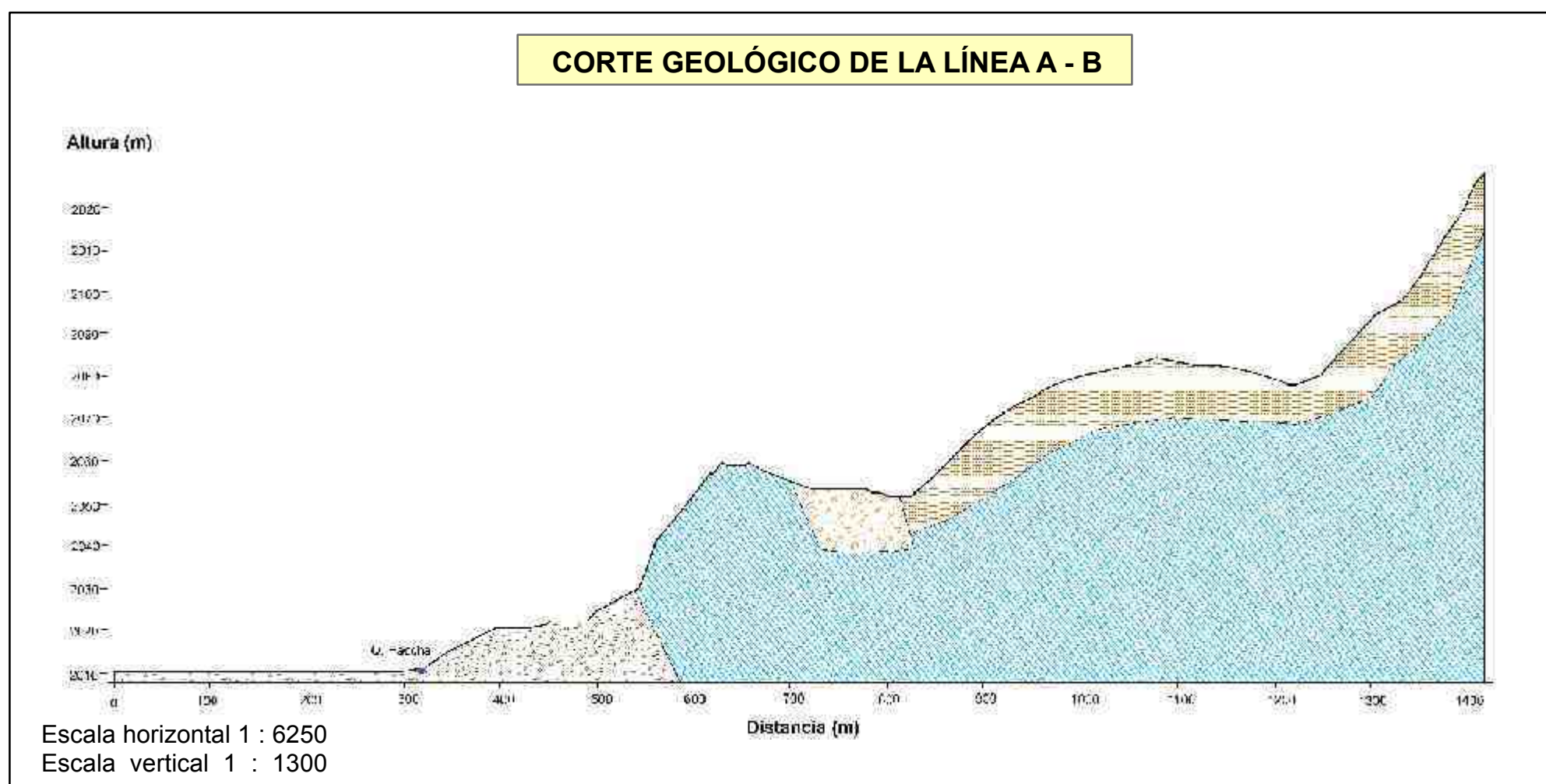
Escala 1 : 900 000

Proyección Universal Transversal de Mercator
Datum Horizontal: WGS84
Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

Simbología Convencional

- SEV
- SPT
- Azimut y Buzamiento
- Corte Geológico
- Quebrada Paccha
- Curvas de Nivel Principales cada 5 m
- Curvas de Nivel Secundarias cada metro
- Barrio Amable María
- Mapa Base OpenStreetMap

CORTE GEOLÓGICO DE LA LÍNEA A - B



Escala horizontal 1 : 6250
Escala vertical 1 : 1300

Leyenda

- Terraza aluvial, abanico aluvial, presencia de sedimentos
- Lutitas, presentan plegamientos
- Sedimentos no consolidados, clastos
- Material arcilloso, aluviales, cantos rodados
- Conglomerado fino a areniscas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR

TÍTULO: Geología del Barrio Amable María



Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante

Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines



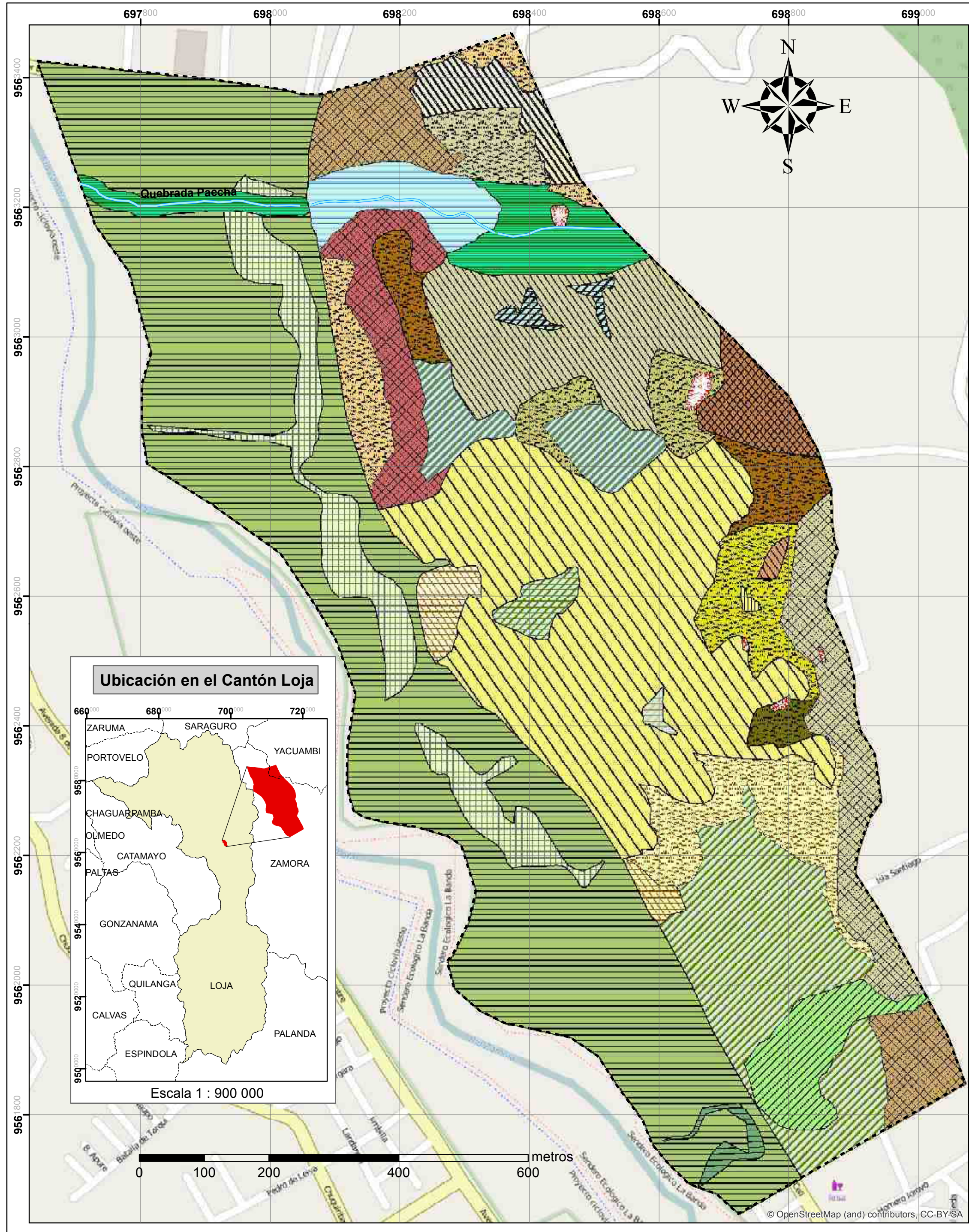
Área: 130.00 Ha

Perímetro: 5.35 Km

Escala 1 : 5 000

N° 3

ANEXO 4. Mapa Geomorfológico



LEYENDA

Unidad Genética y Edad/Periodo	Unidad Geomorfológica	Morfometría
Deposicional o acumulativo. Edad: Cuaternario Periodo: Holoceno	Terraza baja y cauce actual	Pendientes (2-40)% Desnivel relativo (5-15)m
	Terraza baja	Pendientes (0-12)% Desnivel relativo (5-15)m
		Pendientes (12-40)% Desnivel relativo < 5m
		Pendientes (12-40)% Desnivel relativo (5-15)m
	Valle Fluvial	Pendientes (0-70)% Desnivel relativo (5-15)m
	Cono de deyección	Pendientes (2-100)% Desnivel relativo (50-100)m
Denudativo. Edad: Cuaternario Periodo: Holoceno	Deslizamiento	Pendientes (12-70)% Desnivel relativo (0-5)m
	Superficie ondulada	Pendientes (2-25)% Desnivel relativo (5-15)m
		Pendientes (2-40)% Desnivel relativo (15-25)m
Tectónico erosivo. Edad: Terciario Periodo: Mioceno	Relieve ondulado	Pendientes (2-25)% Desnivel relativo (15-25)m
		Pendientes (5-25)% Desnivel relativo (25-50)m
		Pendientes (2-40)% Desnivel relativo (5-15)m
		Pendientes (2-40)% Desnivel relativo (25-50)m
		Pendientes (12-40)% Desnivel relativo (5-15)m
		Pendientes (12-40)% Desnivel relativo (25-50)m
	Relieve escalonado	Pendientes (2-40)% Desnivel relativo (25-50)m
		Pendientes (5-40)% Desnivel relativo (15-25)m
		Pendientes (12-40)% Desnivel relativo (5-15)m
		Pendientes (5-70)% Desnivel relativo (50-100)m
		Pendientes (5-70)% Desnivel relativo (15-25)m
		Pendientes (2-70)% Desnivel relativo (5-15)m
Relieve colinado muy bajo	Pendientes (12-40)% Desnivel relativo (5-15)m	
	Pendientes (5-70)% Desnivel relativo (5-15)m	
Relieve colinado bajo	Pendientes (12-70)% Desnivel relativo (5-15)m	
	Pendientes (12-100)% Desnivel relativo (15-25)m	
Relieve colinado medio	Pendientes (5-100)% Desnivel relativo (25-50)m	
	Pendientes (5-150)% Desnivel relativo (25-50)m	
	Pendientes (12-150)% Desnivel relativo (25-50)m	

Simbología Convencional
 - - - Barrio Amable María
 ~~~~~ Quebrada Paccha  
 Mapa Base OpenStreetMap

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS 84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR

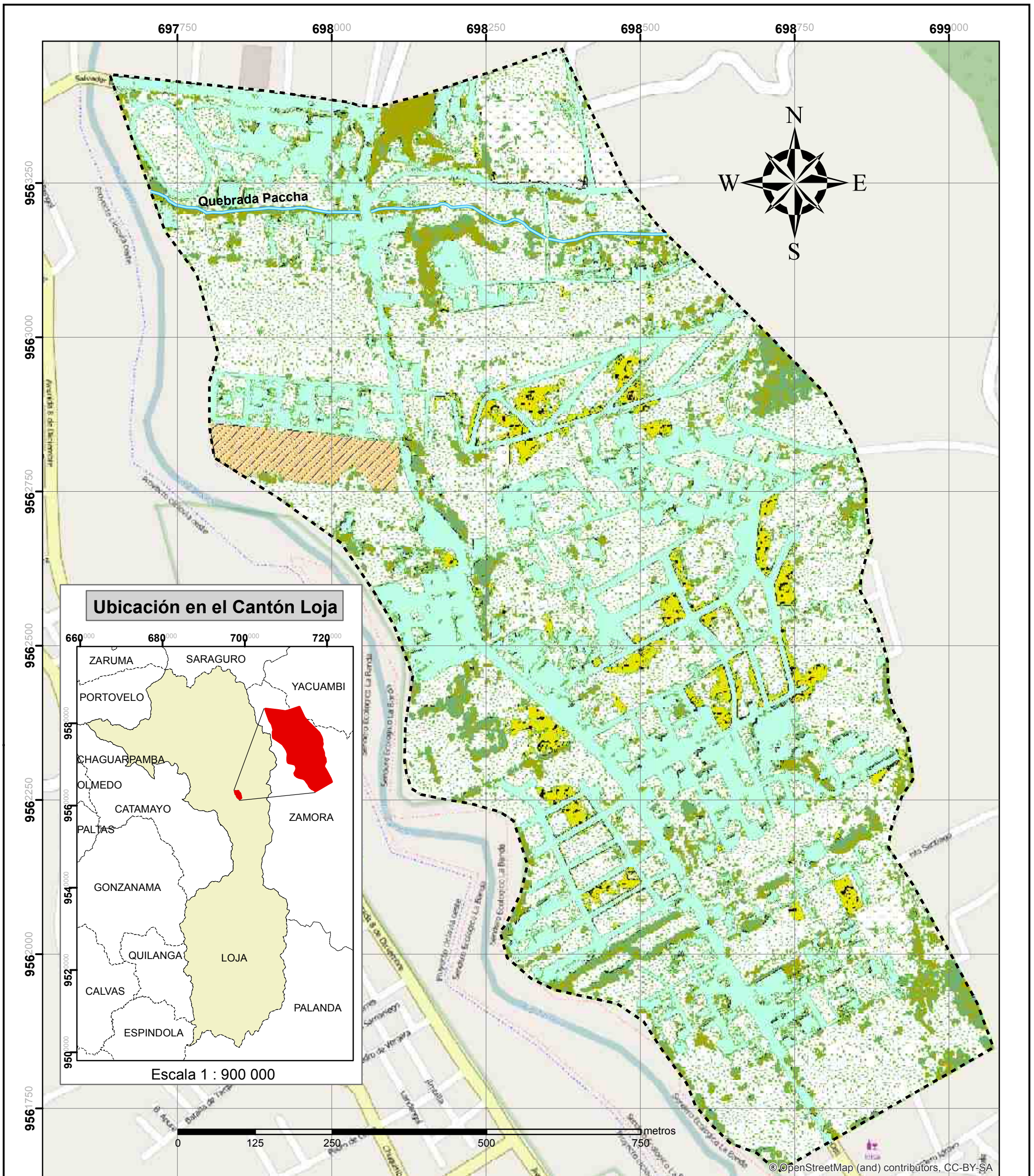
TÍTULO: Geomorfología del Barrio Amable María

|                  |                                                  |
|------------------|--------------------------------------------------|
|                  | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante |
|                  | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines        |
| Área: 130.00 Ha  | Perímetro: 5.35 Km                               |
| Escala 1 : 5 000 | N° 4                                             |



# **ANEXO 5. Mapa de Uso Actual del Suelo**





| LEYENDA                                      |           |       |
|----------------------------------------------|-----------|-------|
| Uso Actual del Suelo                         | Área (Ha) | %     |
| Pastizales                                   | 72.147    | 55.50 |
| Infraestructura y vías                       | 34.805    | 26.77 |
| Arbustos                                     | 6.752     | 5.19  |
| Bosques                                      | 6.267     | 4.82  |
| Zonas sin vegetación                         | 4.556     | 3.50  |
| Cultivos                                     | 3.274     | 2.52  |
| Acumulacion de material (sedimentos + grava) | 2.201     | 1.69  |

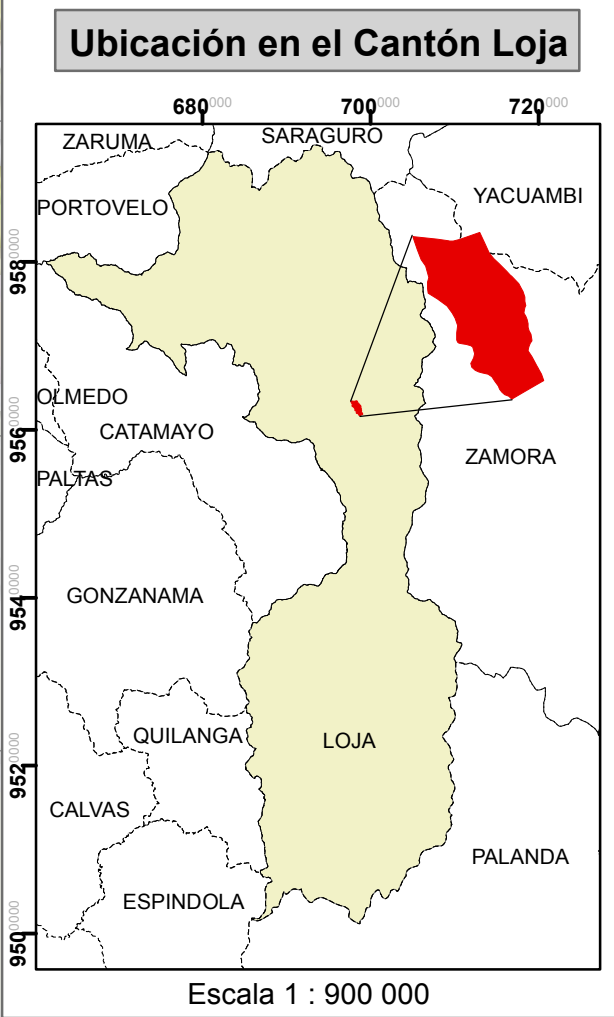
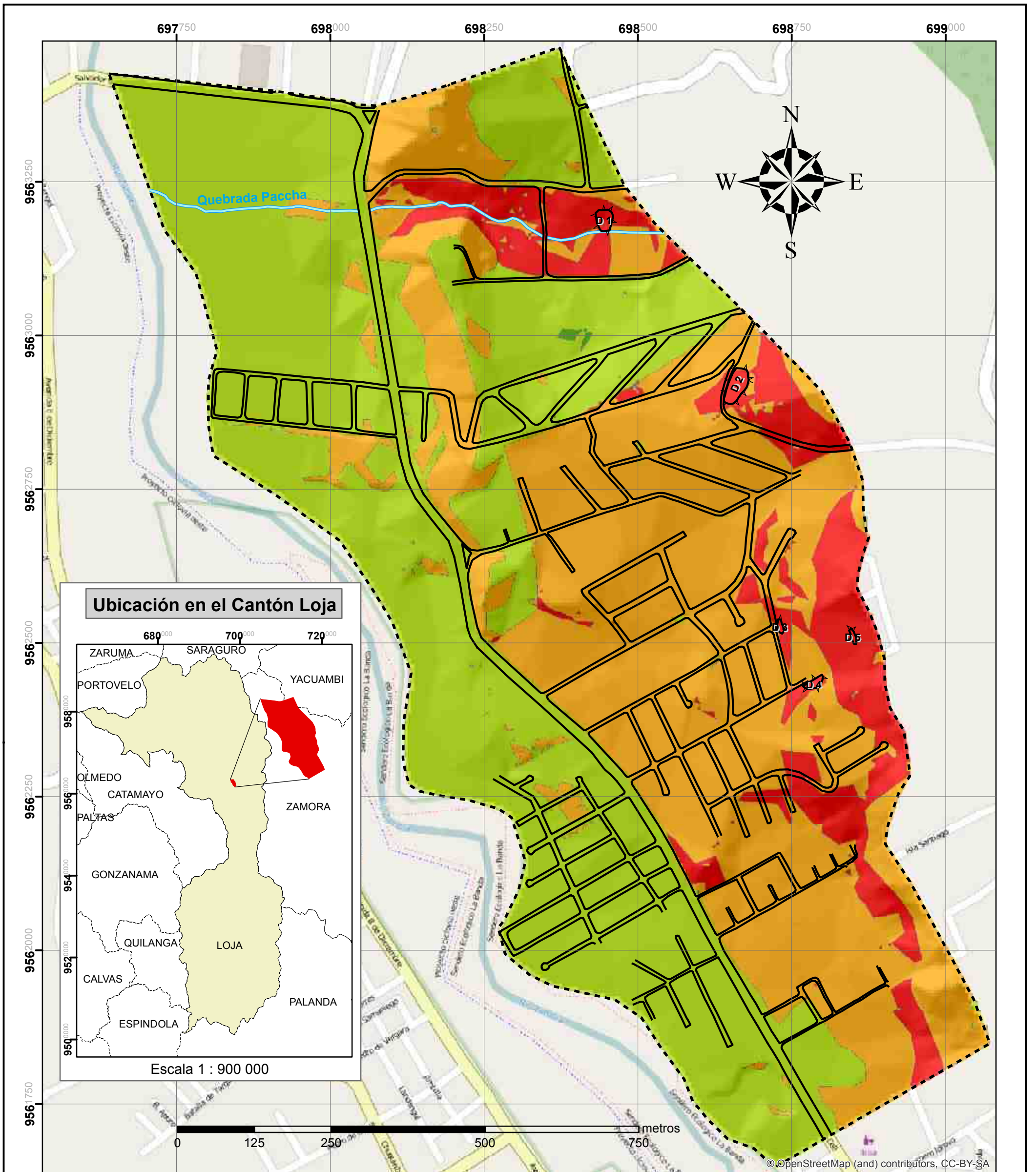
| Simbología Convencional |                         |
|-------------------------|-------------------------|
|                         | Barrio Amable María     |
|                         | Quebrada Paccha         |
|                         | Mapa Base OpenStreetMap |

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad  
 Zona 17 Sur

|                                                                                                                                 |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>                                                                                             |                                                  |
| TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR |                                                  |
| TÍTULO: Uso Actual del Suelo del Barrio Amable María                                                                            |                                                  |
|                                                                                                                                 | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante |
|                                                                                                                                 | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines        |
| Área: 130.00 Ha                                                                                                                 | Perímetro: 5.35 Km                               |
| Escala de Trabajo 1 : 5 000<br>Escala de Impresión 1:6 000                                                                      | N° 5                                             |



**ANEXO 6. Mapa de Susceptibilidad a  
Deslizamientos por el Método  
Multicriterio**



©OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

| LEYENDA                  |           |        |       |
|--------------------------|-----------|--------|-------|
| Grado de Susceptibilidad | Área (Ha) | %      |       |
|                          | Muy Baja  | 0.119  | 0.09  |
|                          | Baja      | 62.725 | 48.31 |
|                          | Moderada  | 53.884 | 41.5  |
|                          | Alta      | 13.114 | 10.1  |

**Simbología Convencional**

- Barrio Amable María
- Deslizamientos
- Vías
- Quebrada Paccha

Mapa Base OpenStreetMap

Proyección Universal Transversal de Mercator  
Datum Horizontal: WGS84  
Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR

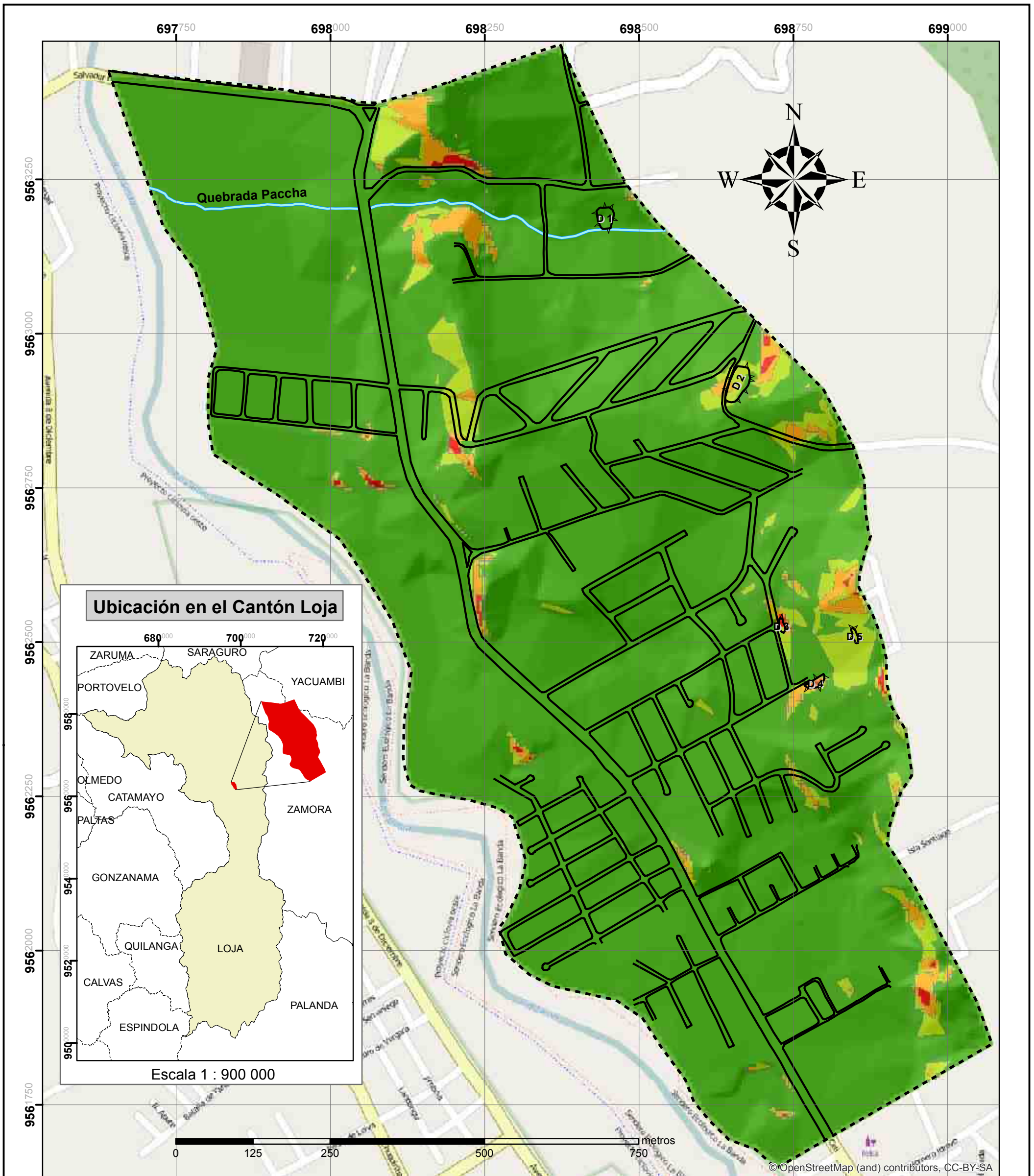
TÍTULO: Susceptibilidad a deslizamientos del Barrio Amable María

|  |                                                            |                    |
|--|------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante           |                    |
|  | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines                  |                    |
|  | Área: 130.00 Ha                                            | Perímetro: 5.35 Km |
|  | Escala de Trabajo 1 : 5 000<br>Escala de Impresión 1:6 000 | N° 6               |

**ANEXO 7. Mapas de Susceptibilidad  
a Deslizamientos por el Método  
Determinístico**

**ANEXO 7.1.** Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 1 m en condiciones normales





| LEYENDA             |             |                    |         |       |
|---------------------|-------------|--------------------|---------|-------|
| Factor de seguridad | Estabilidad | Área (Ha)          | %       |       |
|                     | > 1.5       | Estabilidad alta   | 121.414 | 93.43 |
|                     | 1.25 - 1.5  | Estabilidad media  | 5.598   | 4.31  |
|                     | 1 - 1.25    | Estabilidad baja   | 2.578   | 1.98  |
|                     | 0.5 - 1     | Inestabilidad baja | 0.368   | 0.28  |

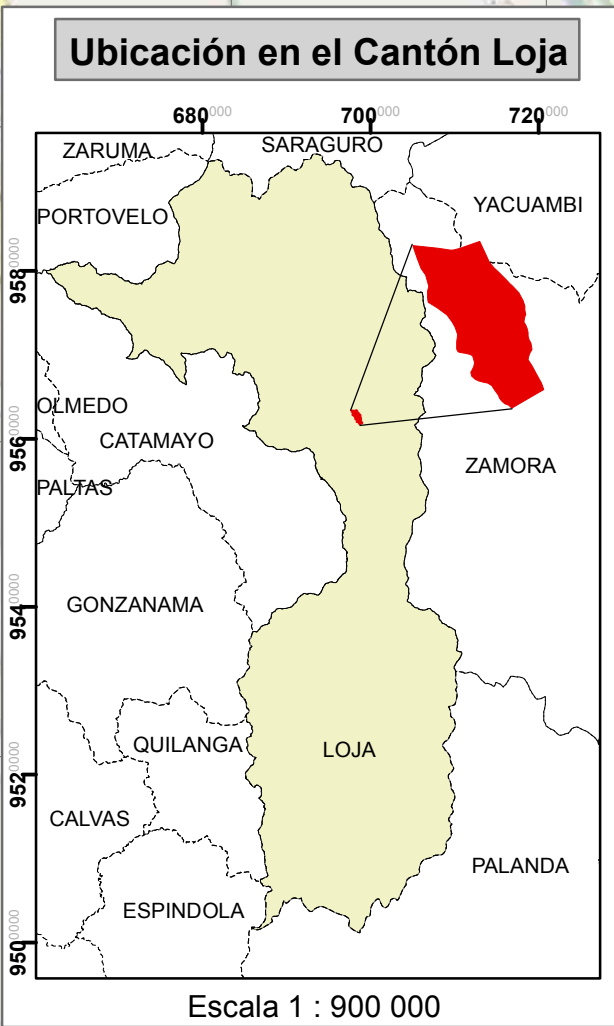
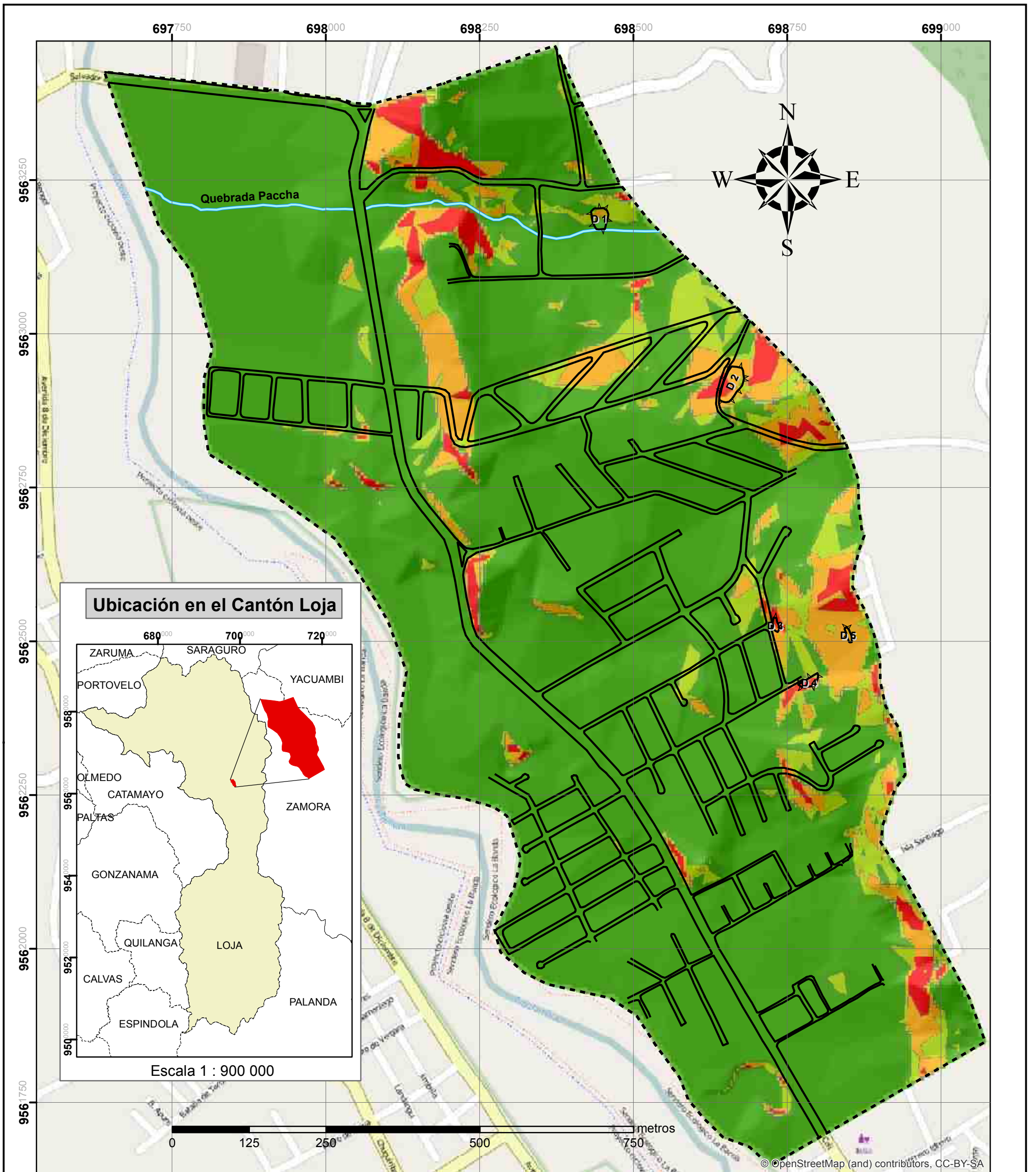
| Simbología Convencional |                     |
|-------------------------|---------------------|
|                         | Barrio Amable María |
|                         | Deslizamientos      |
|                         | Vías                |
|                         | Quebrada Paccha     |
| Mapa Base OpenStreetMap |                     |

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

|                                                                                                                                 |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>                                                                                             |                                                  |
| TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR |                                                  |
| TÍTULO: Estabilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María a una profundidad de falla 1 m en condiciones normales             |                                                  |
|                                                                                                                                 | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante |
|                                                                                                                                 | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines        |
| Área: 130.00 Ha                                                                                                                 | Perímetro: 5.35 Km                               |
| Escala de Trabajo 1 : 5 000<br>Escala de Impresión 1:6 000                                                                      | N° 7.1                                           |



**ANEXO 7.2.** Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 1 m en condiciones saturadas



| LEYENDA             |             |                    |         |       |
|---------------------|-------------|--------------------|---------|-------|
| Factor de seguridad | Estabilidad | Área (Ha)          | %       |       |
|                     | > 1.5       | Estabilidad alta   | 109.307 | 84.11 |
|                     | 1.25 - 1.5  | Estabilidad media  | 8.547   | 6.58  |
|                     | 1 - 1.25    | Estabilidad baja   | 8.723   | 6.71  |
|                     | 0.5 - 1     | Inestabilidad baja | 3.378   | 2.6   |

### Simbología Convencional

- Barrio Amable María
- Deslizamientos
- Vías
- Quebrada Paccha

Mapa Base OpenStreetMap

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad Zona 17 Sur

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

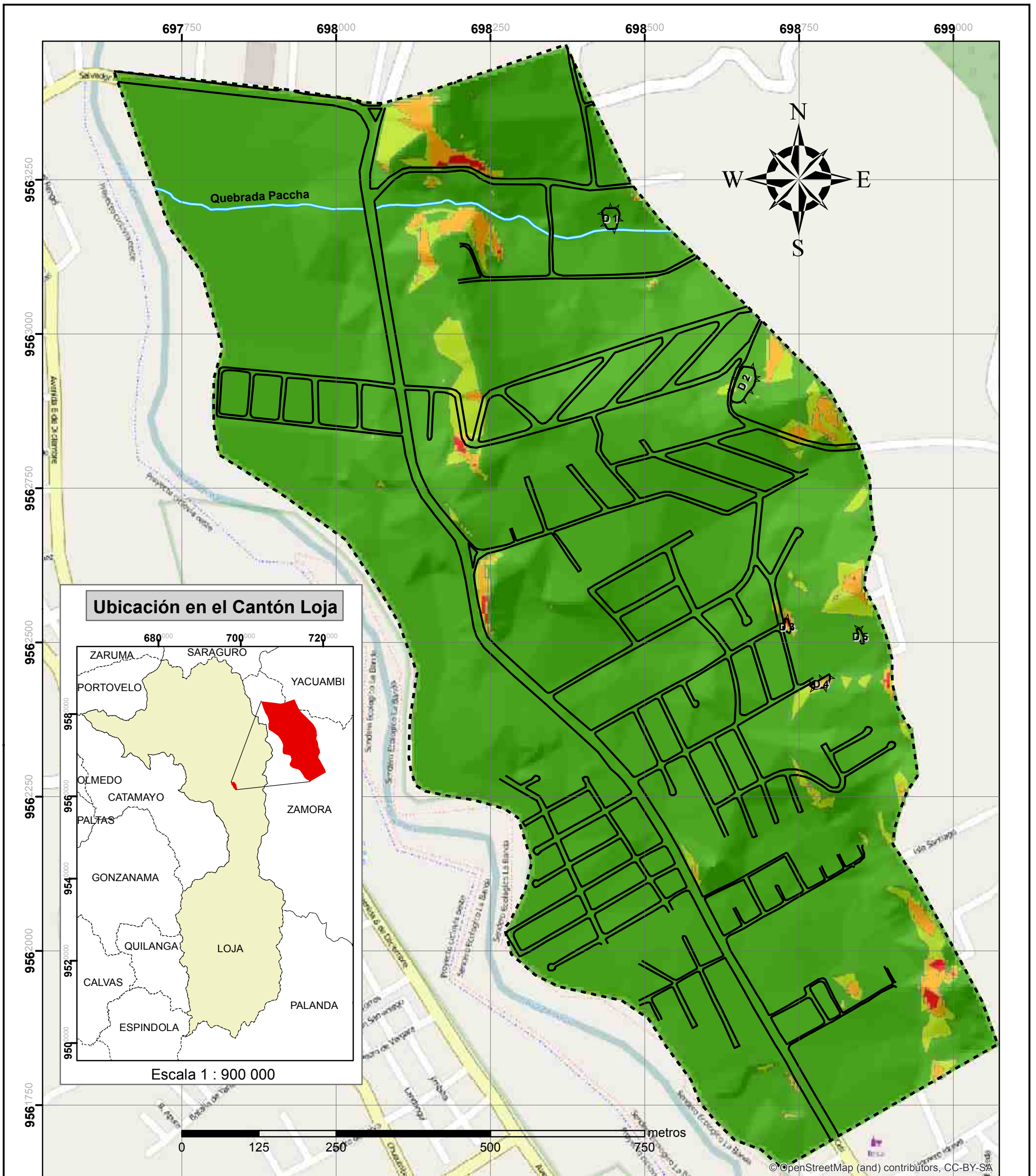
TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR

TÍTULO: Estabilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María a una profundidad de falla 1 m en condiciones saturadas

|  |                                                            |                    |
|--|------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante           |                    |
|  | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines                  |                    |
|  | Área: 130.00 Ha                                            | Perímetro: 5.35 Km |
|  | Escala de Trabajo 1 : 5 000<br>Escala de Impresión 1:6 000 | N° 7.2             |

**ANEXO 7.3.** Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 2 m en condiciones normales





| LEYENDA             |             |                    |               |
|---------------------|-------------|--------------------|---------------|
| Factor de seguridad | Estabilidad | Área (Ha)          | %             |
|                     | > 1.5       | Estabilidad alta   | 123.181 94.79 |
|                     | 1.25 - 1.5  | Estabilidad media  | 4.327 3.33    |
|                     | 1 - 1.25    | Estabilidad baja   | 2.2 1.69      |
|                     | 0.5 - 1     | Inestabilidad baja | 0.247 0.19    |

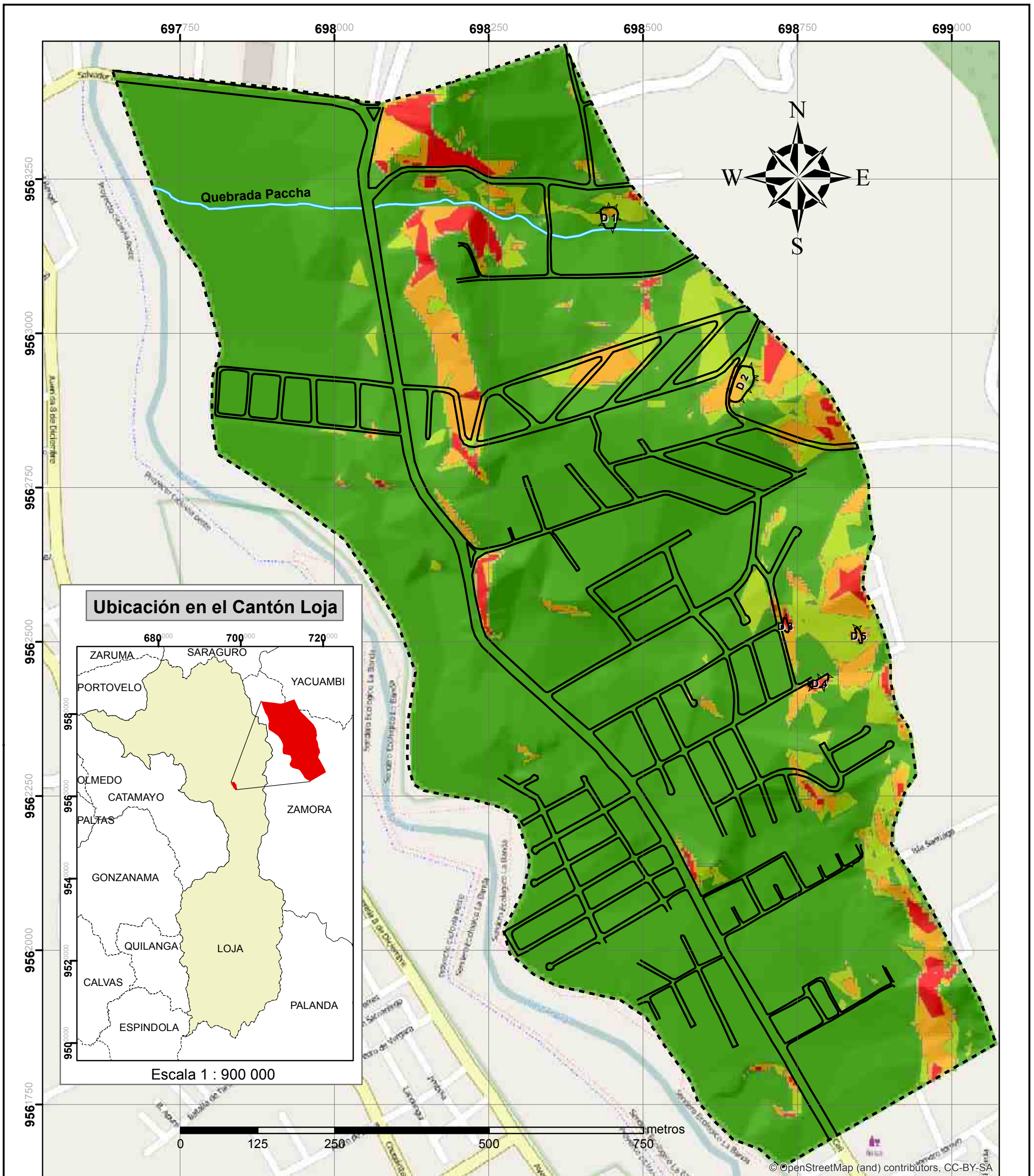
| Simbología Convencional |                     |
|-------------------------|---------------------|
|                         | Barrio Amable María |
|                         | Deslizamientos      |
|                         | Vías                |
|                         | Quebrada Paccha     |
| Mapa Base OpenStreetMap |                     |

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad  
 Zona 17 Sur

|                                                                                                                                 |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>                                                                                             |                                                  |
| TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR |                                                  |
| TÍTULO: Estabilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María a una profundidad de falla 2 m en condiciones normales             |                                                  |
|                                                                                                                                 | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante |
|                                                                                                                                 | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines        |
|                                                                                                                                 | Área: 130.00 Ha                                  |
|                                                                                                                                 | Perímetro: 5.35 Km                               |
|                                                                                                                                 | Escala de Trabajo 1 : 5 000                      |
|                                                                                                                                 | Escala de Impresión 1:6 000                      |
|                                                                                                                                 | N° 7.3                                           |

**ANEXO 7.4.** Mapa de Estabilidad a una profundidad de falla de 2 m en condiciones saturadas





| LEYENDA             |             |                    |        |       |
|---------------------|-------------|--------------------|--------|-------|
| Factor de seguridad | Estabilidad | Área (Ha)          | %      |       |
|                     | > 1.5       | Estabilidad alta   | 110.71 | 85.19 |
|                     | 1.25 - 1.5  | Estabilidad media  | 8.841  | 6.8   |
|                     | 1 - 1.25    | Estabilidad baja   | 7.579  | 5.83  |
|                     | 0.5 - 1     | Inestabilidad baja | 2.823  | 2.17  |

**Simbología Convencional**

- Barrio Amable María
- Deslizamientos
- Vías
- Quebrada Paccha

Mapa Base OpenStreetMap

Proyección Universal Transversal de Mercator  
 Datum Horizontal: WGS84  
 Datum Vertical: Nivel medio del mar, Estación Mareográfica de la Libertad  
 Zona 17 Sur

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

TESIS: SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL BARRIO AMABLE MARÍA, EN LA PARROQUIA EL VALLE, CANTON Y PROVINCIA DE LOJA - ECUADOR


TÍTULO: Estabilidad a Deslizamientos del Barrio Amable María a una profundidad de falla 2 m en condiciones saturadas

|  |                                                            |                    |
|--|------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | Elaborado por : Ulises Daniel Jiménez Bustamante           |                    |
|  | Revisado por: Ing. Jimmy Stalin Paladines                  |                    |
|  | Área: 130.00 Ha                                            | Perímetro: 5.35 Km |
|  | Escala de Trabajo 1 : 5 000<br>Escala de Impresión 1:6 000 | N° 7.4             |



# **ANEXO 8. Fichas de descripción de Afloramientos**

## Levantamiento Geológico

| <b>Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"</b>                       |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                           | <b>1</b>                                   |                                            |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                               | X: 698141                                  |                                            |                                                                                      |                |                 |
|                                                                                                   | Y: 9563339                                 |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                                                    | 31°                                        |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                 | 50°                                        |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Formación</b>                                                                                  | San Cayetano                               |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                     |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bajo                                                          | Medio                                      | Alto                                       |                                                                                      |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                     |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| Lutitas fuertemente plegadas. De coloraciones café clara y oscura. Presencia de arcillas y limos. |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                                              | <input checked="" type="checkbox"/> Seco   | Húmedo                                     | Goteos                                                                               | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                                                  | Plana                                      | Inclinada                                  | <input checked="" type="checkbox"/> empinada                                         |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                                                 | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | <input checked="" type="checkbox"/> Bosque | <input checked="" type="checkbox"/> Arbustos                                         | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                                                                           |                                |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                                                                   | <b>2</b>                       |                               |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                                                                       | <b>X: 698967</b>               |                               |
|                                                                                                                                           | <b>Y: 9561983</b>              |                               |
| <b>Azimut:</b>                                                                                                                            | -                              |                               |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                                                         | -                              |                               |
| <b>Formación</b>                                                                                                                          | San Cayetano                   |                               |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                                                             |                                |                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bajo                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Medio | <input type="checkbox"/> Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                                                             |                                |                               |
| Lutitas altamente erosionadas, presencia de diatomitas, materia orgánica, conchas. Coloración gris claro. Se deduce un ambiente lacustre. |                                |                               |



|                      |                                            |                                               |                                   |                                         |                                          |
|----------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Hidrogeología</b> | <input type="checkbox"/> Seco              | <input checked="" type="checkbox"/> Húmedo    | <input type="checkbox"/> Goteos   | <input type="checkbox"/> Flujo          | <input type="checkbox"/> Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | <input type="checkbox"/> Plana             | <input checked="" type="checkbox"/> Inclinada | <input type="checkbox"/> Empinada |                                         |                                          |
| <b>Vegetación</b>    | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | <input type="checkbox"/> Bosque               | <input type="checkbox"/> Arbustos | <input type="checkbox"/> Sin vegetación |                                          |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>3</b>          |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698871</b>  |
|                         | <b>Y: 9562152</b> |
| <b>Azimut:</b>          | 239°              |
| <b>Buzamiento</b>       | 23°               |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |



| <b>Grado De Meteorización</b> |       |        |
|-------------------------------|-------|--------|
| Bajo                          | Medio | ✓ Alto |

**Descripción Geológica:**

Lutitas altamente erosionadas, con intercalaciones de turba, presencia de óxidos de fe, suelo residual.

|                      |          |             |            |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|------------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | Seco     | ✓ Húmedo    | Goteos     | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | ✓ empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos   | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>4</b>          |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698141</b>  |
|                         | <b>Y: 9563339</b> |
| <b>Azimut:</b>          | 339°              |
| <b>Buzamiento</b>       | 43°               |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |

**Grado De Meteorización**

|        |       |      |
|--------|-------|------|
| ✓ Bajo | Medio | Alto |
|--------|-------|------|

**Descripción Geológica:**

Lutitas calcáreas fuertemente cohesionadas, sin o muy baja meteorización (sana). De coloración blanco claro a gris oscuro.



|                      |        |           |            |                |                 |
|----------------------|--------|-----------|------------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco | Húmedo    | Goteos     | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana  | Inclinada | ✓ empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | Pastos | ✓ Bosque  | ✓ Arbustos | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>5</b>          |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698406</b>  |
|                         | <b>Y: 9563341</b> |
| <b>Azimut:</b>          | -                 |
| <b>Buzamiento</b>       | -                 |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |

**Grado De Meteorización**

|      |         |      |
|------|---------|------|
| Bajo | ✓ Medio | Alto |
|------|---------|------|

**Descripción Geológica:**


Estratos de lutitas calcáreas meteorizadas cubiertas con materia orgánica (coloración grisácea oscura). Presencia de humedad.





|                      |          |           |            |                |                 |
|----------------------|----------|-----------|------------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | Seco     | ✓ Húmedo  | Goteos     | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | Inclinada | ✓ empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque    | ✓ Arbustos | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                             |                   |             |          |                                                                                     |                 |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                     | <b>6</b>          |             |          |  |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                         | <b>X: 698537</b>  |             |          |                                                                                     |                 |
|                                                             | <b>Y: 9563258</b> |             |          |                                                                                     |                 |
| <b>Azimut:</b>                                              | -                 |             |          |                                                                                     |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                           | -                 |             |          |                                                                                     |                 |
| <b>Formación</b>                                            | San Cayetano      |             |          |                                                                                     |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                               |                   |             |          |                                                                                     |                 |
| Bajo                                                        | ✓ Medio           | Alto        |          |                                                                                     |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                               |                   |             |          |                                                                                     |                 |
| Estratos de lutitas calcáreas, presencia de suelo residual. |                   |             |          |                                                                                     |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                        | ✓ Seco            | Húmedo      | Goteos   | Flujo                                                                               | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                            | Plana             | ✓ Inclinada | Empinada |                                                                                     |                 |
| <b>Vegetación</b>                                           | ✓ Pastos          | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación                                                                      |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                                        |            |             |            |                                                                                      |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                                | 7          |             |            |   |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                                    | X: 698459  |             |            |                                                                                      |                 |
|                                                                                                        | Y: 9563174 |             |            |                                                                                      |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                                                         | -          |             |            |                                                                                      |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                      | -          |             |            |                                                                                      |                 |
| <b>Formación</b>                                                                                       | aluvial    |             |            |                                                                                      |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                          |            |             |            |                                                                                      |                 |
| ✓ Bajo                                                                                                 | Medio      | Alto        |            |                                                                                      |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                          |            |             |            |  |                 |
| Material arcilloso con limos, presencia de clastos. Producto de un deslizamiento, del tipo rotacional. |            |             |            |                                                                                      |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                                                   | ✓ Seco     | Húmedo      | Goteos     | Flujo                                                                                | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                                                       | Plana      | ✓ Inclínada | Empinada   |                                                                                      |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                                                      | ✓ Pastos   | ✓ Bosque    | ✓ Arbustos | Sin vegetación                                                                       |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                                                     |                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                                             | <b>8</b>          |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                                                 | <b>X: 698242</b>  |      |
|                                                                                                                     | <b>Y: 9563251</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                                                                                      | 339°              |      |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                                   | 41°               |      |
| <b>Formación</b>                                                                                                    | San Cayetano      |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                                       |                   |      |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bajo                                                                            | Medio             | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                                       |                   |      |
| Lutitas calcáreas fuertemente cohesionadas, sin o muy baja meteorización (sana). De coloración crema a gris oscura. |                   |      |



|                      |                                            |                                            |                                              |                |                 |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | <input checked="" type="checkbox"/> Seco   | Húmedo                                     | Goteos                                       | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana                                      | Inclinada                                  | <input checked="" type="checkbox"/> empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | <input checked="" type="checkbox"/> Bosque | <input checked="" type="checkbox"/> Arbustos | Sin vegetación |                 |


**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                       |                   |      |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                               | <b>9</b>          |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                                   | <b>X: 698247</b>  |      |
|                                                                       | <b>Y: 9563226</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                                        | -                 |      |
| <b>Buzamiento</b>                                                     | -                 |      |
| <b>Formación</b>                                                      | Aluvial           |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                         |                   |      |
| Bajo                                                                  | ✓ Medio           | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                         |                   |      |
| Material arcilloso con cuerpos aluviales, cantos rodados y angulares. |                   |      |



|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | Seco     | ✓ Húmedo    | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                              |                   |             |                                                                                     |                |                 |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                      | <b>10</b>         |             |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                          | <b>X: 698192</b>  |             |                                                                                     |                |                 |
|                                                              | <b>Y: 9562908</b> |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                                               | 335°              |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                            | 42°               |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Formación</b>                                             | San Cayetano      |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Bajo</b>                                                  | ✓ Medio           | Alto        |                                                                                     |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| Lutitas marrones erosionadas, con presencia de óxidos de Fe. |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                         | ✓ Seco            | Húmedo      | Goteos                                                                              | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                             | Plana             | ✓ Inclinada | Empinada                                                                            |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                                            | ✓ Pastos          | ✓ Bosque    | Arbustos                                                                            | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                                                                   |                   |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                                                           | <b>11</b>         |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                                                               | <b>X: 698280</b>  |      |
|                                                                                                                                   | <b>Y: 9562821</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                                                                                                    | -                 |      |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                                                 | -                 |      |
| <b>Formación</b>                                                                                                                  | San Cayetano      |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                                                     |                   |      |
| Bajo                                                                                                                              | ✓ Medio           | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                                                     |                   |      |
| <p>Lutitas erosionadas con abundante óxido de Fe, intercaladas con lutitas calcáreas color crema. Están fuertemente plegadas.</p> |                   |      |



|                      |          |             |          |       |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|-------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | Seco     | ✓ Húmedo    | Goteos   | Flujo | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |       |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos |       | Sin vegetación  |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>12</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698248</b>  |
|                         | <b>Y: 9562641</b> |
| <b>Azimut:</b>          | -                 |
| <b>Buzamiento</b>       | -                 |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |




| <b>Grado De Meteorización</b> |       |        |
|-------------------------------|-------|--------|
| Bajo                          | Medio | ✓ Alto |

**Descripción Geológica:**

Lutitas altamente erosionadas, presencia de suelo residual, materia orgánica.

|                      |          |             |            |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|------------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos     | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclínada | Empinada   |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | ✓ Bosque    | ✓ Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                                                                                                     |                                            |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                                                                                                             | <b>13</b>                                  |                                               |                                              |  |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                                                                                                 | <b>X: 698758</b>                           |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
|                                                                                                                                                                     | <b>Y: 9562420</b>                          |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                                                                                                                      | <b>349°</b>                                |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                                                                                                                   | <b>55°</b>                                 |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Formación</b>                                                                                                                                                    | <b>San Cayetano</b>                        |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                                                                                                       |                                            |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| Bajo                                                                                                                                                                | Medio                                      | <input checked="" type="checkbox"/> Alto      |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                                                                                                       |                                            |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <p>Lutitas marrones intercaladas con finas capas de lutitas calcáreas, se encuentran altamente erosionadas y plegadas, presencia de suelo residual, sedimentos.</p> |                                            |                                               |                                              |                                                                                     |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                                                                                                                | Seco                                       | <input checked="" type="checkbox"/> Húmedo    | Goteos                                       | Flujo                                                                               | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                                                                                                                    | Plana                                      | <input checked="" type="checkbox"/> Inclinada | <input checked="" type="checkbox"/> empinada |                                                                                     |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                                                                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | Bosque                                        | Arbustos                                     | Sin vegetación                                                                      |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>14</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698588</b>  |
|                         | <b>Y: 9562111</b> |
| <b>Azimut:</b>          | 237°              |
| <b>Buzamiento</b>       | 30°               |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |




| <b>Grado De Meteorización</b> |       |        |
|-------------------------------|-------|--------|
| Bajo                          | Medio | ✓ Alto |

**Descripción Geológica:**

Lutitas altamente erosionadas presencia de suelo residual. Coloración de café claro a oscuro. Presencia de materia orgánica.

|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                        |                                            |                                            |          |                                                                                     |                 |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                | <b>15</b>                                  |                                            |          |  |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                    | <b>X: 698921</b>                           |                                            |          |                                                                                     |                 |
|                                                        | <b>Y: 9562318</b>                          |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <b>Azimut:</b>                                         | -                                          |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                      | -                                          |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <b>Formación</b>                                       | San Cayetano                               |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                          |                                            |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bajo               | Medio                                      | Alto                                       |          |                                                                                     |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                          |                                            |                                            |          |                                                                                     |                 |
| Sedimentos no consolidados, abundante materia orgánica |                                            |                                            |          |                                                                                     |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                   | Seco                                       | <input checked="" type="checkbox"/> Húmedo | Goteos   | Flujo                                                                               | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                       | Plana                                      | Inclinada                                  | Empinada |                                                                                     |                 |
| <b>Vegetación</b>                                      | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | Bosque                                     | Arbustos | Sin vegetación                                                                      |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                     |                   |      |
|-----------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                             | <b>16</b>         |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                 | <b>X: 698872</b>  |      |
|                                                     | <b>Y: 9562212</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                      | -                 |      |
| <b>Buzamiento</b>                                   | -                 |      |
| <b>Formación</b>                                    | San Cayetano      |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                       |                   |      |
| Bajo                                                | ✓ Medio           | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                       |                   |      |
| Lutitas calcáreas con presencia de materia orgánica |                   |      |



|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | ✓ Bosque    | Arbustos | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**


|                                                            |                   |      |
|------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                    | <b>17</b>         |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                        | <b>X: 698838</b>  |      |
|                                                            | <b>Y: 9562240</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                             | -                 |      |
| <b>Buzamiento</b>                                          | -                 |      |
| <b>Formación</b>                                           | San Cayetano      |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                              |                   |      |
| Bajo                                                       | ✓ Medio           | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                              |                   |      |
| Sedimentos no consolidados, presencia de materia orgánica. |                   |      |



|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclínada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                              |                   |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|----------|--------|-------|-----------------|------------------|-------|-------------|----------|--|--|-------------------|----------|--------|----------|----------------|--|
| <b>Afloramiento N°:</b>                      | <b>18</b>         |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Coordenadas:</b>                          | <b>X: 698770</b>  |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
|                                              | <b>Y: 9562428</b> |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Azimut:</b>                               | -                 |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Buzamiento</b>                            | -                 |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Formación</b>                             | San Cayetano      |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Grado De Meteorización</b>                |                   |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| Bajo                                         | ✓ Medio           | Alto        |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Descripción Geológica:</b>                |                   |             |          | <table border="1"> <tr> <td><b>Hidrogeología</b></td> <td>Seco</td> <td>✓ Húmedo</td> <td>Goteos</td> <td>Flujo</td> <td>Caudal estimado</td> </tr> <tr> <td><b>Pendiente</b></td> <td>Plana</td> <td>✓ Inclinada</td> <td>Empinada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Vegetación</b></td> <td>✓ Pastos</td> <td>Bosque</td> <td>Arbustos</td> <td>Sin vegetación</td> <td></td> </tr> </table> | <b>Hidrogeología</b> | Seco            | ✓ Húmedo | Goteos | Flujo | Caudal estimado | <b>Pendiente</b> | Plana | ✓ Inclinada | Empinada |  |  | <b>Vegetación</b> | ✓ Pastos | Bosque | Arbustos | Sin vegetación |  |
| <b>Hidrogeología</b>                         | Seco              | ✓ Húmedo    | Goteos   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Flujo                | Caudal estimado |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Pendiente</b>                             | Plana             | ✓ Inclinada | Empinada |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| <b>Vegetación</b>                            | ✓ Pastos          | Bosque      | Arbustos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Sin vegetación       |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |
| Sedimentos no consolidados (arcillas, limos) |                   |             |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                 |          |        |       |                 |                  |       |             |          |  |  |                   |          |        |          |                |  |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                   |                   |      |
|---------------------------------------------------|-------------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                           | <b>19</b>         |      |
| <b>Coordenadas:</b>                               | <b>X: 698684</b>  |      |
|                                                   | <b>Y: 9562658</b> |      |
| <b>Azimut:</b>                                    | .                 |      |
| <b>Buzamiento</b>                                 | -                 |      |
| <b>Formación</b>                                  | San Cayetano      |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                     |                   |      |
| Bajo                                              | ✓ Medio           | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                     |                   |      |
| Sedimentos no consolidados. Presencia de clastos. |                   |      |




|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                                       |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                               | <b>20</b>                                  |                                            |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                                   | <b>X: 698893</b>                           |                                            |                                                                                      |                |                 |
|                                                                                       | <b>Y: 9562766</b>                          |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                                        | <b>345°</b>                                |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                                     | <b>42°</b>                                 |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Formación</b>                                                                      | <b>San Cayetano</b>                        |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                         |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| Bajo                                                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> Medio  | Alto                                       |                                                                                      |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                         |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| Lutitas calcáreas de coloración gris claro a oscura.<br>Presencia de materia orgánica |                                            |                                            |                                                                                      |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                                  | Seco                                       | <input checked="" type="checkbox"/> Húmedo | Goteos                                                                               | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                                      | Plana                                      | Inclinada                                  | <input checked="" type="checkbox"/> empinada                                         |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                                     | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | Bosque                                     | Arbustos                                                                             | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                               |                                            |           |                                                                                     |                |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                       | <b>21</b>                                  |           |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                           | <b>X: 698857</b>                           |           |                                                                                     |                |                 |
|                                                                               | <b>Y: 9562821</b>                          |           |                                                                                     |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                                | <b>18°</b>                                 |           |                                                                                     |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                             | <b>39°</b>                                 |           |                                                                                     |                |                 |
| <b>Formación</b>                                                              | <b>San Cayetano</b>                        |           |                                                                                     |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                                 |                                            |           |                                                                                     |                |                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bajo                                      | Medio                                      | Alto      |                                                                                     |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                                 |                                            |           |                                                                                     |                |                 |
| Lutitas calcáreas de coloración crema, no presentan erosión ni meteorización. |                                            |           |                                                                                     |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                          | <input checked="" type="checkbox"/> Seco   | Húmedo    | Goteos                                                                              | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                              | Plana                                      | Inclinada | <input checked="" type="checkbox"/> Empinada                                        |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | Bosque    | <input checked="" type="checkbox"/> Arbustos                                        | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                      |                   |             |                                                                                     |                |                 |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                              | <b>22</b>         |             |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                                                  | <b>X: 698663</b>  |             |                                                                                     |                |                 |
|                                                                      | <b>Y: 9562948</b> |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                                                       | -                 |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                                                    | -                 |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Formación</b>                                                     | San Cayetano      |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                        |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| Bajo                                                                 | ✓ Medio           | Alto        |                                                                                     |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                        |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| Sedimentos no consolidados. Material deslizado, del tipo rotacional. |                   |             |                                                                                     |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                                                 | Seco              | ✓ Húmedo    | Goteos                                                                              | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                                                     | Plana             | ✓ Inclínada | Empinada                                                                            |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                                                    | ✓ Pastos          | Bosque      | Arbustos                                                                            | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>23</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698498</b>  |
|                         | <b>Y: 9562890</b> |
| <b>Azimut:</b>          | -                 |
| <b>Buzamiento</b>       | -                 |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |

**Grado De Meteorización**

|      |         |      |
|------|---------|------|
| Bajo | ✓ Medio | Alto |
|------|---------|------|

**Descripción Geológica:**

Sedimentos no consolidados



|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>       | <b>24</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>           | <b>X: 698458</b>  |
|                               | <b>Y: 9562961</b> |
| <b>Azimut:</b>                | -                 |
| <b>Buzamiento</b>             | -                 |
| <b>Formación</b>              | San Cayetano      |
| <b>Grado De Meteorización</b> |                   |
| Bajo                          | ✓ Medio           |
|                               | Alto              |




**Descripción Geológica:**

Areniscas, presencia de clastos.

|                      |        |             |          |                  |                 |
|----------------------|--------|-------------|----------|------------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco | Húmedo      | Goteos   | Flujo            | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana  | ✓ Inclínada | Empinada |                  |                 |
| <b>Vegetación</b>    | Pastos | Bosque      | Arbustos | ✓ Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                       |                   |           |                                                                                    |                |                 |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>               | <b>25</b>         |           |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                   | <b>X: 698639</b>  |           |                                                                                    |                |                 |
|                                       | <b>Y: 9563014</b> |           |                                                                                    |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                        | -                 |           |                                                                                    |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                     | -                 |           |                                                                                    |                |                 |
| <b>Formación</b>                      | San Cayetano      |           |                                                                                    |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>         |                   |           |                                                                                    |                |                 |
| Bajo                                  | ✓ Medio           | Alto      |                                                                                    |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>         |                   |           |                                                                                    |                |                 |
| Contacto de Sedimentos con areniscas. |                   |           |                                                                                    |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                  | ✓ Seco            | Húmedo    | Goteos                                                                             | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                      | Plana             | Inclinada | Empinada                                                                           |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                     | ✓ Pastos          | Bosque    | Arbustos                                                                           | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>26</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 698391</b>  |
|                         | <b>Y: 9563019</b> |
| <b>Azimut:</b>          | -                 |
| <b>Buzamiento</b>       | -                 |
| <b>Formación</b>        | San Cayetano      |

| <b>Grado De Meteorización</b> |       |      |
|-------------------------------|-------|------|
| ✓ Bajo                        | Medio | Alto |

**Descripción Geológica:**

Capa de conglomerados. Con clastos de hasta 2 cm



|                      |          |             |          |                |                 |
|----------------------|----------|-------------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo      | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | ✓ Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque      | Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                                                         |              |      |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                                                 | 27           |      |
| <b>Coordenadas:</b>                                                     | X: 698488    |      |
|                                                                         | Y: 9563078   |      |
| <b>Azimut:</b>                                                          | -            |      |
| <b>Buzamiento</b>                                                       | -            |      |
| <b>Formación</b>                                                        | San Cayetano |      |
| <b>Grado De Meteorización</b>                                           |              |      |
| Bajo                                                                    | ✓ Medio      | Alto |
| <b>Descripción Geológica:</b>                                           |              |      |
| Conglomerado, con clastos de hasta 0.5cm. Presencia de materia orgánica |              |      |



|                      |          |           |          |                |                 |
|----------------------|----------|-----------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | Seco     | ✓ Húmedo  | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | Plana    | Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | Bosque    | Arbustos | Sin vegetación |                 |

**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| <b>Afloramiento N°:</b> | <b>28</b>         |
| <b>Coordenadas:</b>     | <b>X: 697663</b>  |
|                         | <b>Y: 9563245</b> |
| <b>Azimut:</b>          | -                 |
| <b>Buzamiento</b>       | -                 |
| <b>Formación</b>        | Aluvial           |



**Grado De Meteorización**

|      |         |      |
|------|---------|------|
| Bajo | ✓ Medio | Alto |
|------|---------|------|


**Descripción Geológica:**

Material aluvial, cantos rodados. Presencia de sedimentos.

|                      |          |           |          |                |                 |
|----------------------|----------|-----------|----------|----------------|-----------------|
| <b>Hidrogeología</b> | ✓ Seco   | Húmedo    | Goteos   | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>     | ✓ Plana  | Inclinada | Empinada |                |                 |
| <b>Vegetación</b>    | ✓ Pastos | ✓ Bosque  | Arbustos | Sin vegetación |                 |




**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                    |                   |           |                                                                                      |                |                 |
|------------------------------------|-------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>            | <b>29</b>         |           |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                | <b>X: 697675</b>  |           |                                                                                      |                |                 |
|                                    | <b>Y: 9563260</b> |           |                                                                                      |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                     | -                 |           |                                                                                      |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                  | -                 |           |                                                                                      |                |                 |
| <b>Formación</b>                   | Aluvial           |           |                                                                                      |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>      |                   |           |                                                                                      |                |                 |
| Bajo                               | ✓ Medio           | Alto      |                                                                                      |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>      |                   |           |                                                                                      |                |                 |
| Material aluvial, terraza aluvial. |                   |           |                                                                                      |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>               | Seco              | ✓ Húmedo  | Goteos                                                                               | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                   | ✓ Plana           | Inclinada | Empinada                                                                             |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                  | ✓ Pastos          | Bosque    | ✓ Arbustos                                                                           | Sin vegetación |                 |



**Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"**

|                                              |                                            |                                            |                                                                                     |                |                 |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>Afloramiento N°:</b>                      | <b>30</b>                                  |                                            |  |                |                 |
| <b>Coordenadas:</b>                          | <b>X: 698015</b>                           |                                            |                                                                                     |                |                 |
|                                              | <b>Y: 9562663</b>                          |                                            |                                                                                     |                |                 |
| <b>Azimut:</b>                               | -                                          |                                            |                                                                                     |                |                 |
| <b>Buzamiento</b>                            | -                                          |                                            |                                                                                     |                |                 |
| <b>Formación</b>                             | Aluvial                                    |                                            |                                                                                     |                |                 |
| <b>Grado De Meteorización</b>                |                                            |                                            |                                                                                     |                |                 |
| Bajo                                         | <input checked="" type="checkbox"/> Medio  | Alto                                       |                                                                                     |                |                 |
| <b>Descripción Geológica:</b>                |                                            |                                            |                                                                                     |                |                 |
| Terraza aluvial. Cantos rodados y angulares. |                                            |                                            |                                                                                     |                |                 |
| <b>Hidrogeología</b>                         | Seco                                       | <input checked="" type="checkbox"/> Húmedo | Goteos                                                                              | Flujo          | Caudal estimado |
| <b>Pendiente</b>                             | <input checked="" type="checkbox"/> Plana  | Inclinada                                  | Empinada                                                                            |                |                 |
| <b>Vegetación</b>                            | <input checked="" type="checkbox"/> Pastos | Bosque                                     | Arbustos                                                                            | Sin vegetación |                 |

**ANEXO 9. Fichas de la descripción  
Geomorfológica**

### Levantamiento Geomorfológico

| <b>Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"</b> |                              |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <b>N°</b>                                                                   | 1                            |                       |
| <b>Coordenadas:</b>                                                         | <b>X:</b> 698851             |                       |
|                                                                             | <b>Y:</b> 9561826            |                       |
| <b>Altitud (m)</b>                                                          | 2036                         |                       |
| <b>Unidad Genética</b>                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| <b>Unidad Geomorfológica</b>                                                | Superficie ondulada          |                       |
| <b>Morfología</b>                                                           |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                                     | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                       | Cóncava                      | En U                  |
| Redondeada                                                                  | Convexa                      | En V                  |
| ✓ Plana                                                                     | ✓ Rectilínea                 | ✓ Plano               |



| <b>Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María"</b> |                              |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| <b>N°</b>                                                                   | 2                            |                       |
| <b>Coordenadas:</b>                                                         | <b>X:</b> 698598             |                       |
|                                                                             | <b>Y:</b> 9562568            |                       |
| <b>Altitud (m)</b>                                                          | 2058                         |                       |
| <b>Unidad Genética</b>                                                      | Tectónico erosivo            |                       |
| <b>Unidad Geomorfológica</b>                                                | <b>Relieve ondulado</b>      |                       |
| <b>Morfología</b>                                                           |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                                     | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                       | Cóncava                      | En U                  |
| Redondeada                                                                  | Convexa                      | En V                  |
| ✓ Plana                                                                     | ✓ Rectilínea                 | ✓ Plano               |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 3                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698876                    |                       |
|                                                                      | Y: 9562130                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2036                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Tectónico erosivo            |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Superficie ondulada          |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | Cóncava                      | En U                  |
| ✓ Redondeada                                                         | Convexa                      | En V                  |
| Plana                                                                | ✓ Rectilínea                 | ✓ Plano               |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 4                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698604                    |                       |
|                                                                      | Y: 9562143                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2036                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Tectónico erosivo            |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Relieve colinado bajo        |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| ✓ Aguda                                                              | Cóncava                      | En U                  |
| Redondeada                                                           | ✓ Convexa                    | En V                  |
| Plana                                                                | Rectilínea                   | ✓ Plano               |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 5                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 697923                    |                       |
|                                                                      | Y: 9562966                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2011                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Terraza baja                 |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | Cóncava                      | En U                  |
| Redondeada                                                           | Convexa                      | En V                  |
| ✓ Plana                                                              | Rectilínea                   | ✓ Plano               |




| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 6                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698423                    |                       |
|                                                                      | Y: 9563170                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2039                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Terraza baja y cauce actual  |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | Cóncava                      | En U                  |
| Redondeada                                                           | Convexa                      | En V                  |
| ✓ Plana                                                              | ✓ Rectilínea                 | ✓ Plano               |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 7                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698204                    |                       |
|                                                                      | Y: 9563222                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2024                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Valle fluvial                |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | ✓ Cóncava                    | En U                  |
| Redondeada                                                           | Convexa                      | ✓ En V                |
| Plana                                                                | Rectilínea                   | Plano                 |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 8                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698187                    |                       |
|                                                                      | Y: 9563328                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2056                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Valle fluvial                |                       |
| <b>Morfología</b>                                                    |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | ✓ Cóncava                    | En U                  |
| ✓ Redondeada                                                         | Convexa                      | ✓ En V                |
| Plana                                                                | Rectilínea                   | Plano                 |






| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 9                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698980                    |                       |
|                                                                      | Y: 9561971                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2083                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Deposicional o acumulativo   |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Cono de deyección            |                       |
| Morfología                                                           |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | ✓ Cóncava                    | En U                  |
| ✓ Redondeada                                                         | Convexa                      | ✓ En V                |
| Plana                                                                | Rectilínea                   | Plano                 |



| Proyecto: "Susceptibilidad A Deslizamientos Del Barrio Amable María" |                              |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| N°                                                                   | 9                            |                       |
| Coordenadas:                                                         | X: 698494                    |                       |
|                                                                      | Y: 9563077                   |                       |
| Altitud (m)                                                          | 2043                         |                       |
| Unidad Genética                                                      | Tectónico erosivo            |                       |
| Unidad Geomorfológica                                                | Relieve colinado muy bajo    |                       |
| Morfología                                                           |                              |                       |
| <i>Forma de la cima</i>                                              | <i>Forma de la vertiente</i> | <i>Forma de Valle</i> |
| Aguda                                                                | ✓ Cóncava                    | En U                  |
| ✓ Redondeada                                                         | Convexa                      | En V                  |
| Plana                                                                | Rectilínea                   | Plano                 |



**ANEXO 10.** Datos de campo de los  
Sondeos Eléctricos Verticales





# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO:

## SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE AMABLE MARÍA

SOLICITADO POR: Ulises Jimenez

SECTOR: Amable María

REALIZADO POR: Ing. Yetzabel Flores

S.E.V.: 2

| N° | AB/2 | MN | $\zeta_a$ (Ohm.m) | k     | V/I     |
|----|------|----|-------------------|-------|---------|
| 1  | 1    | 1  | 11,23             | 2,4   | 4,68    |
| 2  | 1,5  | 1  | 9,91              | 6,28  | 1,5775  |
| 3  | 2    | 1  | 9,60              | 11,78 | 0,815   |
| 4  | 2,5  | 1  | 9,36              | 18,85 | 0,4965  |
| 5  | 2,5  | 2  | 9,96              | 8,25  | 1,2075  |
| 6  | 3    | 1  | 8,79              | 27,5  | 0,3195  |
| 7  | 3    | 2  | 9,51              | 12,6  | 0,755   |
| 8  | 5    | 2  | 9,05              | 37,7  | 0,24    |
| 9  | 7    | 2  | 9,07              | 75,4  | 0,12025 |
| 10 | 10   | 2  | 8,75              | 155,5 | 0,05625 |
| 11 | 10   | 5  | 7,44              | 58,9  | 0,12625 |
| 12 | 15   | 2  | 10,21             | 351,9 | 0,029   |
| 13 | 15   | 5  | 6,84              | 137,4 | 0,04975 |
| 14 | 20   | 5  | 6,31              | 247,4 | 0,0255  |
| 15 | 20   | 20 | 6,64              | 47,4  | 0,14    |
| 16 | 30   | 5  | 6,60              | 561,6 | 0,01175 |
| 17 | 30   | 20 | 5,85              | 125,7 | 0,0465  |
| 18 | 40   | 20 | 4,42              | 235,6 | 0,01875 |
| 19 | 50   | 20 | 4,71              | 377   | 0,0125  |
| 20 | 70   | 20 | 4,5               | 754   | 0,006   |
|    |      |    |                   |       |         |

|           |         |
|-----------|---------|
| ESTE      | 698540  |
| NORTE     | 9562557 |
| ELEVACIÓN | 2057    |
| AZIMUT    | 64      |



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO:

## SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE AMABLE MARÍA

SOLICITADO POR: Ulises Jimenez

SECTOR: Amable María

REALIZADO POR: Ing. Yetzabel Flores

S.E.V.: 3

| N° | AB/2 | MN | $\zeta_a$ (Ohm.m) | k     | V/I     |
|----|------|----|-------------------|-------|---------|
| 1  | 1    | 1  | 6,21              | 2,4   | 2,5875  |
| 2  | 1,5  | 1  | 5,71              | 6,28  | 0,91    |
| 3  | 2    | 1  | 5,59              | 11,78 | 0,4745  |
| 4  | 2,5  | 1  | 5,14              | 18,85 | 0,27275 |
| 5  | 2,5  | 2  | 5,42              | 8,25  | 0,6575  |
| 6  | 3    | 1  | 0,14              | 27,5  | 0,00525 |
| 7  | 3    | 2  | 0,06              | 12,6  | 0,00475 |
| 8  | 5    | 2  | 0,20              | 37,7  | 0,00525 |
| 9  | 7    | 2  | 0,13              | 75,4  | 0,00175 |
| 10 | 10   | 2  | 7,15              | 155,5 | 0,046   |
| 11 | 10   | 5  | 6,69              | 58,9  | 0,1135  |
| 12 | 15   | 2  | 8,71              | 351,9 | 0,02475 |
| 13 | 15   | 5  | 7,69              | 137,4 | 0,056   |
| 14 | 20   | 5  | 10,08             | 247,4 | 0,04075 |
| 15 | 20   | 20 | 8,58              | 47,4  | 0,181   |
| 16 | 30   | 5  | 11,51             | 561,6 | 0,0205  |
| 17 | 30   | 20 | 10,78             | 125,7 | 0,08575 |
| 18 | 40   | 20 | 10,78             | 235,6 | 0,04575 |
| 19 | 50   | 20 | 9,71              | 377   | 0,02575 |
| 20 | 70   | 20 | 8,3               | 754   | 0,011   |
|    |      |    |                   |       |         |

|           |         |
|-----------|---------|
| ESTE      | 698808  |
| NORTE     | 9561809 |
| ELEVACIÓN | 2034    |
| AZIMUT    | 336     |



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: **SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR DE  
AMABLE MARÍA**

SOLICITADO POR: Ulises Jimenez

SECTOR: Amable María

REALIZADO POR: Ing. Yetzabel Flores

S.E.V.: 4

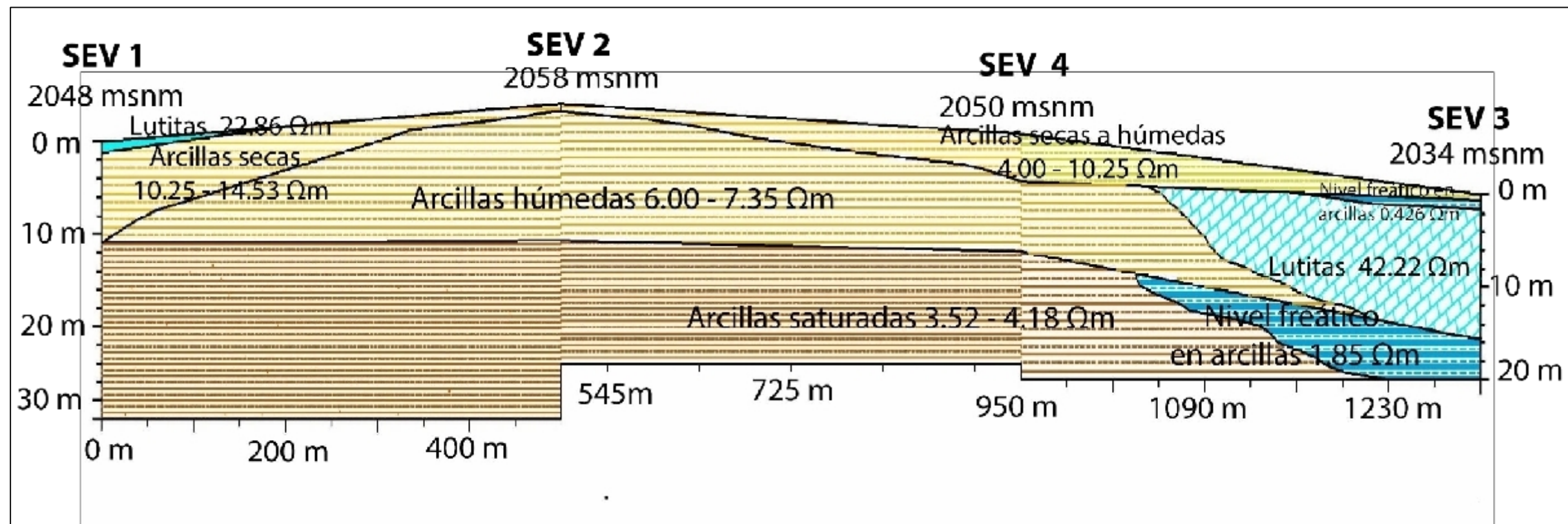
| N° | AB/2 | MN | $\zeta_a$ (Ohm.m) | k     | V/I  |
|----|------|----|-------------------|-------|------|
| 1  | 1    | 1  | 5,20              | 2,4   | 2,17 |
| 2  | 1,5  | 1  | 5,42              | 6,28  | 0,86 |
| 3  | 2    | 1  | 5,77              | 11,78 | 0,49 |
| 4  | 2,5  | 1  | 5,74              | 18,85 | 0,30 |
| 5  | 2,5  | 2  | 5,86              | 8,25  | 0,71 |
| 6  | 3    | 1  | 6,24              | 27,5  | 0,23 |
| 7  | 3    | 2  | 6,36              | 12,6  | 0,51 |
| 8  | 5    | 2  | 6,70              | 37,7  | 0,18 |
| 9  | 7    | 2  | 5,09              | 75,4  | 0,07 |
| 10 | 10   | 2  | 5,44              | 155,5 | 0,04 |
| 11 | 10   | 5  | 4,37              | 58,9  | 0,07 |
| 12 | 15   | 2  | 5,45              | 351,9 | 0,02 |
| 13 | 15   | 5  | 4,47              | 137,4 | 0,03 |
| 14 | 20   | 5  | 4,58              | 247,4 | 0,02 |
| 15 | 20   | 20 | 5,07              | 47,4  | 0,11 |
| 16 | 30   | 5  | 4,63              | 561,6 | 0,01 |
| 17 | 30   | 20 | 5,03              | 125,7 | 0,04 |
| 18 | 40   | 20 | 4,71              | 235,6 | 0,02 |
| 19 | 50   | 20 | 4,34              | 377   | 0,01 |
|    |      |    |                   |       |      |
|    |      |    |                   |       |      |

|           |         |
|-----------|---------|
| ESTE      | 698713  |
| NORTE     | 9562150 |
| ELEVACIÓN | 2050    |
| AZIMUT    | 346     |



**ANEXO 11. Corte Geoeléctrico de  
los Sondeos Eléctricos Verticales**

## CORTE GEOELÉCTRICO DE LOS SEV 1 - 4



# **ANEXO 12. Ensayos de Penetración**

## **Estándar**

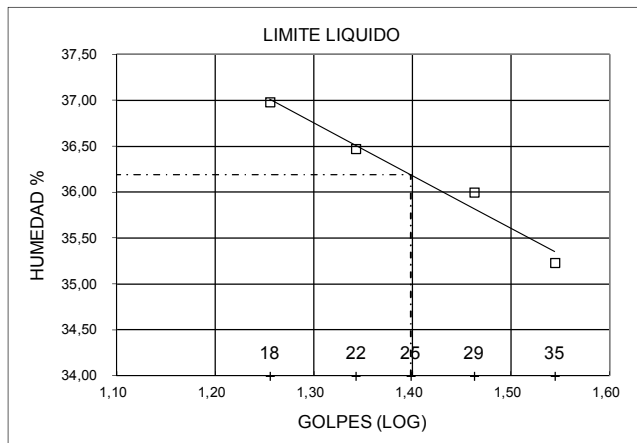


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |                     |          |        |                |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|--------|----------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |                     |          |        |                |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |                     |          |        |                |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |                     |          |        |                |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |                     |          |        |                |       |           |
| OPERADOR: O.V                                                        |                     |          |        |                |       |           |
| POZO: 1                                                              |                     |          |        |                |       |           |
| PROFUND.: 1,00 m.                                                    |                     |          |        |                |       |           |
|                                                                      | GOLPES              | PESO HM. | SECO   | DE CAPS        | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |                     | 57,40    | 52,46  | 27,23          | 19,58 |           |
|                                                                      |                     | 61,63    | 55,49  | 25,16          | 20,24 | 19,91     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 35                  | 35,26    | 32,67  | 25,32          | 35,24 |           |
|                                                                      | 29                  | 35,64    | 32,76  | 24,76          | 36,00 |           |
|                                                                      | 22                  | 37,50    | 34,83  | 27,51          | 36,48 |           |
|                                                                      | 18                  | 40,26    | 36,92  | 27,89          | 36,99 | 36,19     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |                     | 31,64    | 31,03  | 27,67          | 18,15 |           |
|                                                                      |                     | 32,85    | 31,95  | 27,10          | 18,56 | 18,36     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    | 5.- CLASIFICACION.- |          |        |                |       |           |
| PESO IN= 223,7 (H/S) H                                               | GRAVA= 0 %          |          |        |                |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 186,6                                       | ARENA= 65 %         |          |        |                |       |           |
|                                                                      | FINOS= 35 %         |          |        |                |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. %           | R.A.     | % PASA | LL = 36,00 %   |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00                | 0,0      | 100    | LP = 18,00 %   |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00                | 0,0      | 100    | IP = 18,00 %   |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00                | 0,0      | 100    |                |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00                | 0,0      | 100    | CLASIFICACION: |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00                | 0,0      | 100    | SUCS = SC      |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00                | 0,0      | 100    | AASHTO= A-2-6  |       |           |
| No. 10                                                               | 11,08               | 5,9      | 94     | IG(86)= 2      |       |           |
| No. 40                                                               | 64,80               | 40,7     | 59     | IG(45)= 2      |       |           |
| No. 200                                                              | 46,08               | 65,4     | 35     |                |       |           |
| COLOR= LIGERAMENTE AMARILLO                                          |                     |          |        |                |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

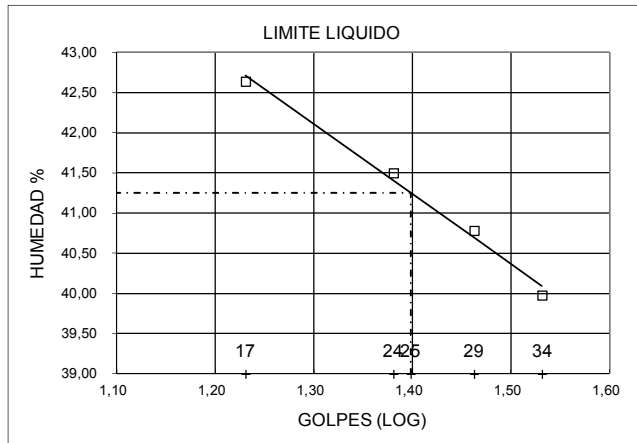


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |         |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|---------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |         |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |         |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           |               | POZO: 1 |                      |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 2,0-3,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 55,88         | 51,68   | 27,78                | 17,57 |           |
|                                                                      |           | 65,94         | 59,33   | 27,52                | 20,78 | 19,18     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 34        | 40,21         | 36,50   | 27,22                | 39,98 |           |
|                                                                      | 29        | 37,23         | 34,31   | 27,15                | 40,78 |           |
|                                                                      | 24        | 39,44         | 36,02   | 27,78                | 41,50 |           |
|                                                                      | 17        | 36,85         | 33,98   | 27,25                | 42,64 | 41,26     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 31,34         | 30,74   | 27,60                | 19,11 |           |
|                                                                      |           | 31,35         | 30,78   | 28,01                | 20,58 | 19,84     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |         | 5.- CLASIFICACION.-  |       |           |
| PESO IN= 246,8 (H/S) H                                               |           |               |         | GRAVA= 0 %           |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 207,1                                       |           |               |         | ARENA= 28 %          |       |           |
|                                                                      |           |               |         | FINOS= 72 %          |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA  | LL = 41,00 %         |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100     | LP = 20,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100     | IP = 21,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00      | 0,0           | 100     | CLASIFICACION:       |       |           |
| No. 10                                                               | 1,12      | 0,5           | 99      | SUCS = CL            |       |           |
| No. 40                                                               | 7,20      | 4,0           | 96      | AASHTO= A-7-6        |       |           |
| No. 200                                                              | 48,87     | 27,6          | 72      | IG(86) = 14          |       |           |
| COLOR= NARANJA                                                       |           |               |         | IG(45) = 12          |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

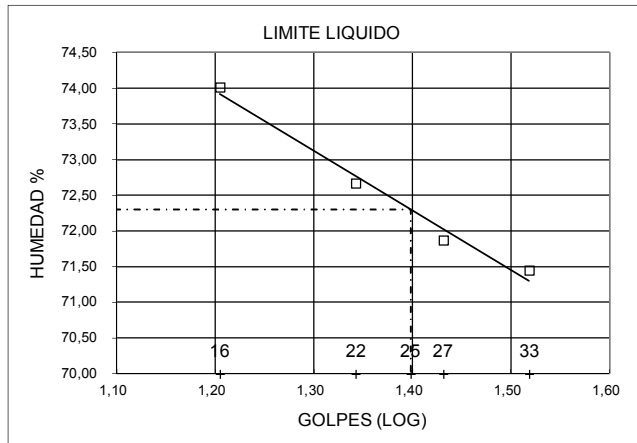


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |         |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|---------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |         |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |         |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           |               | POZO: 2 |                      |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 1,0-2,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 66,74         | 58,69   | 27,11                | 25,49 |           |
|                                                                      |           | 60,88         | 53,31   | 25,18                | 26,91 | 26,20     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 33        | 38,99         | 34,16   | 27,40                | 71,45 |           |
|                                                                      | 27        | 39,00         | 33,48   | 25,80                | 71,88 |           |
|                                                                      | 22        | 29,49         | 24,89   | 18,56                | 72,67 |           |
|                                                                      | 16        | 39,21         | 34,11   | 27,22                | 74,02 | 72,30     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 28,98         | 28,49   | 26,78                | 28,65 |           |
|                                                                      |           | 31,47         | 30,52   | 27,19                | 28,53 | 28,59     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |         | 5.- CLASIFICACION.-  |       |           |
| PESO IN= 196,2 (H/S) H                                               |           |               |         | GRAVA= 9 %           |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 155,5                                       |           |               |         | ARENA= 46 %          |       |           |
|                                                                      |           |               |         | FINOS= 45 %          |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA  | LL = 72,00 %         |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100     | LP = 29,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100     | IP = 43,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 2,53      | 1,6           | 98      | CLASIFICACION:       |       |           |
| No. 4                                                                | 10,90     | 8,6           | 91      | SUCS = SC            |       |           |
| No. 10                                                               | 14,61     | 18,0          | 82      | AASHTO= A-7-6        |       |           |
| No. 40                                                               | 18,21     | 29,8          | 70      | IG(86) = 14          |       |           |
| No. 200                                                              | 38,98     | 54,8          | 45      | IG(45) = 9           |       |           |
| COLOR= NARANJA                                                       |           |               |         |                      |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO



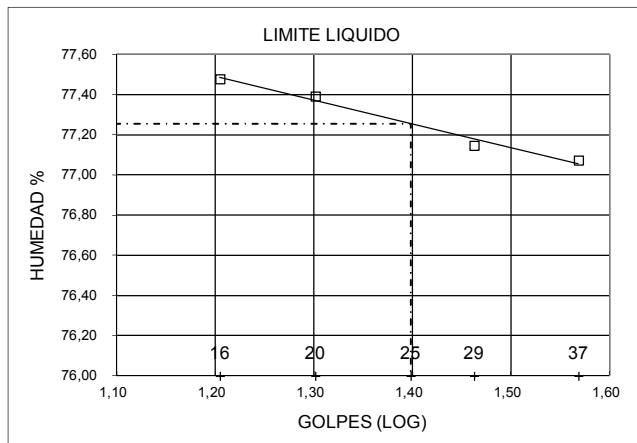


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |         |                     |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|---------|---------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |         |                     |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |         |                     |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           |               | POZO: 2 |                     |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 3,00 m.   |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS             | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 60,22         | 52,65   | 27,70               | 30,34 |           |
|                                                                      |           | 63,36         | 55,03   | 27,30               | 30,04 | 30,19     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 16        | 42,24         | 35,91   | 27,74               | 77,48 |           |
|                                                                      | 20        | 40,67         | 34,85   | 27,33               | 77,39 |           |
|                                                                      | 29        | 38,12         | 33,63   | 27,81               | 77,15 |           |
|                                                                      | 37        | 36,89         | 31,78   | 25,15               | 77,07 | 77,26     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 28,59         | 27,70   | 24,81               | 30,80 |           |
|                                                                      |           | 22,32         | 21,46   | 18,60               | 30,07 | 30,43     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |         | 5.- CLASIFICACION.- |       |           |
| PESO IN= 194,7 (H/S) H                                               |           |               |         | GRAVA= 2 %          |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 149,5                                       |           |               |         | ARENA= 56 %         |       |           |
|                                                                      |           |               |         | FINOS= 41 %         |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA  | LL = 77,00 %        |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100     | LP = 30,00 %        |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100     | IP = 47,00 %        |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| No. 4                                                                | 3,57      | 2,4           | 98      | CLASIFICACION:      |       |           |
| No. 10                                                               | 14,66     | 12,2          | 88      | SUCS = SC           |       |           |
| No. 40                                                               | 47,09     | 43,7          | 56      | AASHTO= A-7-5       |       |           |
| No. 200                                                              | 22,57     | 58,8          | 41      | IG(86)= 12          |       |           |
| COLOR= LIGERAMENTE AMARILLO                                          |           |               |         | IG(45)= 7           |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

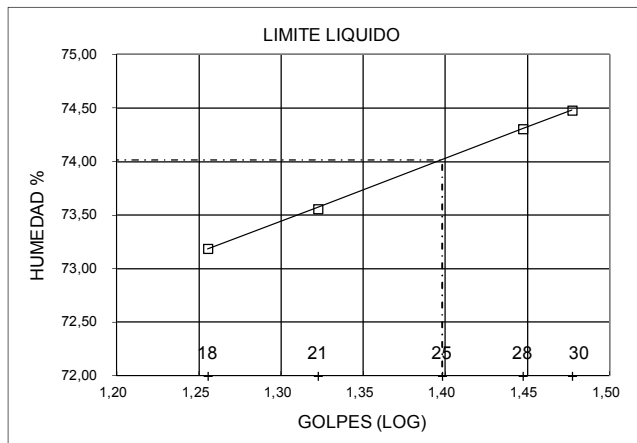


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |        |                     |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|--------|---------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |        |                     |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |        |                     |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           | OPERADOR: O.V |        | POZO: 2             |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |        | PROFUND.: 4,00 m.   |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO   | DE CAPS             | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 40,96         | 39,04  | 25,35               | 14,02 |           |
|                                                                      |           | 44,22         | 42,07  | 26,52               | 13,83 | 13,93     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 18        | 38,65         | 33,19  | 25,73               | 73,19 |           |
|                                                                      | 21        | 37,26         | 32,14  | 25,18               | 73,56 |           |
|                                                                      | 28        | 30,04         | 24,66  | 17,42               | 74,31 |           |
|                                                                      | 30        | 32,63         | 27,23  | 19,98               | 74,48 | 74,02     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 31,29         | 30,56  | 27,53               | 24,09 |           |
|                                                                      |           | 33,16         | 32,32  | 28,95               | 24,93 | 24,51     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |        | 5.- CLASIFICACION.- |       |           |
| PESO IN= 182,2 (H/S) H                                               |           |               |        | GRAVA= 4 %          |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 159,9                                       |           |               |        | ARENA= 31 %         |       |           |
|                                                                      |           |               |        | FINOS= 65 %         |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA | LL = 74,00 %        |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100    | LP = 25,00 %        |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100    | IP = 49,00 %        |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                     |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                     |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                     |       |           |
| No. 4                                                                | 6,97      | 4,4           | 96     | CLASIFICACION:      |       |           |
| No. 10                                                               | 12,95     | 12,5          | 88     | SUCS = CH           |       |           |
| No. 40                                                               | 21,05     | 25,6          | 74     | AASHTO= A-7-6       |       |           |
| No. 200                                                              | 15,65     | 35,4          | 65     | IG(86) = 30         |       |           |
| COLOR= LIGERAMENTE AMARILLO                                          |           |               |        | IG(45) = 17         |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

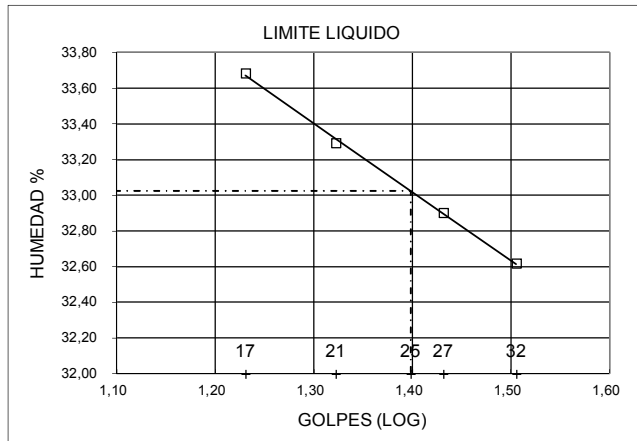


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |         |                     |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|---------|---------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |         |                     |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |         |                     |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           |               | POZO: 3 |                     |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 1,00 m.   |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS             | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 56,27         | 49,50   | 27,31               | 30,51 |           |
|                                                                      |           | 60,36         | 52,38   | 25,85               | 30,08 | 30,29     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 17        | 40,30         | 37,12   | 27,68               | 33,69 |           |
|                                                                      | 21        | 38,70         | 35,87   | 27,37               | 33,29 |           |
|                                                                      | 27        | 35,38         | 32,58   | 24,07               | 32,90 |           |
|                                                                      | 32        | 39,30         | 35,80   | 25,07               | 32,62 | 33,03     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 31,75         | 31,14   | 27,82               | 18,37 |           |
|                                                                      |           | 31,23         | 30,57   | 27,23               | 19,76 | 19,07     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |         | 5.- CLASIFICACION.- |       |           |
| PESO IN= 165,0 (H/S) H                                               |           |               |         | GRAVA= 0 %          |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 126,7                                       |           |               |         | ARENA= 24 %         |       |           |
|                                                                      |           |               |         | FINOS= 76 %         |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA  | LL = 33,00 %        |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100     | LP = 19,00 %        |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100     | IP = 14,00 %        |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100     |                     |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00      | 0,0           | 100     | CLASIFICACION:      |       |           |
| No. 10                                                               | 0,00      | 0,0           | 100     | SUCS = CL           |       |           |
| No. 40                                                               | 1,96      | 1,5           | 98      | AASHTO= A-6         |       |           |
| No. 200                                                              | 27,95     | 23,6          | 76      | IG (86) = 11        |       |           |
| COLOR= GRIS                                                          |           |               |         | IG (45) = 10        |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACION

|                                                                           |               |                |               |                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|-----------|
| <b>PROY : ESTUDIO DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA</b> |               |                |               |                       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                                  |               |                |               |                       |           |
| UBIC. : LOJA                                                              |               |                |               |                       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                        |               | OPERADOR: C.G. |               | MUESTRA : 3           |           |
|                                                                           |               |                |               | PROF.: 2,00 m         |           |
|                                                                           | PESO HM.      | SECO           | DE CAPS       | w %                   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO DE AGUA                                                     | 47,11         | 42,48          | 27,47         | 30,85                 | 28,66     |
|                                                                           | 50,83         | 45,36          | 24,70         | 26,48                 |           |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                          |               |                |               |                       |           |
| LA MUESTRA NO ES PLASTICA                                                 |               |                |               |                       |           |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                       |               |                |               |                       |           |
| LA MUESTRA NO ES PLASTICA                                                 |               |                |               |                       |           |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                         |               |                |               | 5.- CLASIFICACION.-   |           |
| PESO IN=                                                                  | 143,94 (H/S)  | H              |               |                       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO:                                                  | 112           |                | GRAVA= 10 %   |                       |           |
|                                                                           |               |                | ARENA= 63 %   |                       |           |
|                                                                           |               |                | FINOS= 27 %   |                       |           |
| <b>TAMIZ</b>                                                              | <b>W. RT.</b> | <b>% R. A.</b> | <b>% PASA</b> |                       |           |
| 1 1/2"                                                                    | 0,0           | 0              | 100           | LL =                  | 0,00 %    |
| 1"                                                                        | 0,0           | 0              | 100           | LP =                  | 0,00 %    |
| 3/4"                                                                      | 0,0           | 0              | 100           | IP =                  | 0,00 %    |
| 1/2"                                                                      | 0,0           | 0              | 100           |                       |           |
| 3/8"                                                                      | 3,5           | 3              | 97            |                       |           |
| No. 4                                                                     | 8,0           | 10             | 90            | <b>CLASIFICACION:</b> |           |
| No. 10                                                                    | 3,4           | 13             | 87            | SUCS = SM             |           |
| No. 40                                                                    | 4,6           | 17             | 83            | AASHTO= A-2-4         |           |
| No. 200                                                                   | 62,2          | 73             | 27            | IG(86)= 0             |           |
| COLOR: GRIS                                                               |               |                |               | IG(45)= 0             |           |

Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACION

|                                                                           |              |                |                     |                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------|
| <b>PROY : ESTUDIO DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA</b> |              |                |                     |                       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                                  |              |                |                     |                       |           |
| UBIC. : LOJA                                                              |              |                |                     |                       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                        |              | OPERADOR: C.G. |                     | MUESTRA : 3           |           |
|                                                                           |              |                |                     | PROF.: 3,0-4,0 m      |           |
|                                                                           | PESO HM.     | SECO           | DE CAPS             | w %                   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO DE AGUA                                                     | 81,98        | 77,13          | 25,88               | 9,46                  | 11,27     |
|                                                                           | 71,45        | 66,38          | 27,59               | 13,07                 |           |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                          |              |                |                     |                       |           |
| LA MUESTRA NO ES PLASTICA                                                 |              |                |                     |                       |           |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                       |              |                |                     |                       |           |
| LA MUESTRA NO ES PLASTICA                                                 |              |                |                     |                       |           |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                         |              |                | 5.- CLASIFICACION.- |                       |           |
| PESO IN=                                                                  | 235,15 (H/S) | H              |                     |                       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO:                                                  | 211          |                | GRAVA= 32 %         |                       |           |
|                                                                           |              |                | ARENA= 58 %         |                       |           |
|                                                                           |              |                | FINOS= 10 %         |                       |           |
| TAMIZ                                                                     | W. RT.       | % R. A.        | % PASA              | LL = 0,00 %           |           |
| 1 1/2"                                                                    | 0,0          | 0              | 100                 | LP = 0,00 %           |           |
| 1"                                                                        | 45,3         | 21             | 79                  | IP = 0,00 %           |           |
| 3/4"                                                                      | 0,0          | 21             | 79                  |                       |           |
| 1/2"                                                                      | 3,2          | 23             | 77                  |                       |           |
| 3/8"                                                                      | 0,0          | 23             | 77                  |                       |           |
| No. 4                                                                     | 18,7         | 32             | 68                  | <b>CLASIFICACION:</b> |           |
| No. 10                                                                    | 31,4         | 47             | 53                  | SUCS = SM             |           |
| No. 40                                                                    | 40,5         | 66             | 34                  | AASHTO= A-1-b         |           |
| No. 200                                                                   | 51,7         | 90             | 10                  | IG(86)= 0             |           |
| COLOR: GRIS                                                               |              |                |                     | IG(45)= 0             |           |

Ing. Diego I. Castillo  
LABORATORIO

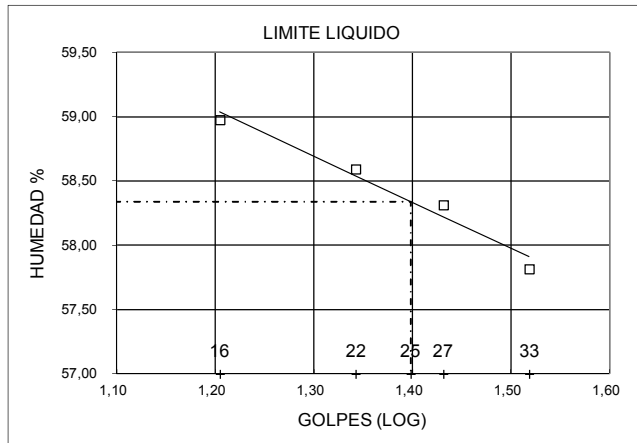


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |                     |               |        |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|--------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |                     |               |        |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |                     |               |        |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |                     | OPERADOR: O.V |        | POZO: 4              |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |                     | OPERADOR: O.V |        | PROFUND.: 1,0-2,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES              | PESO HM.      | SECO   | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |                     | 54,70         | 52,01  | 25,84                | 10,28 |           |
|                                                                      |                     | 53,25         | 53,45  | 27,61                | -0,77 | 4,75      |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 33                  | 36,89         | 33,34  | 27,20                | 57,82 |           |
|                                                                      | 27                  | 35,71         | 32,87  | 28,00                | 58,32 |           |
|                                                                      | 22                  | 33,90         | 30,90  | 25,78                | 58,59 |           |
|                                                                      | 16                  | 35,01         | 32,12  | 27,22                | 58,98 | 58,34     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |                     | 29,94         | 29,00  | 25,07                | 23,92 |           |
|                                                                      |                     | 32,11         | 31,32  | 28,01                | 23,87 | 23,89     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    | 5.- CLASIFICACION.- |               |        |                      |       |           |
| PESO IN= 187,3 (H/S) H                                               | GRAVA= 0 %          |               |        |                      |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 178,8                                       | ARENA= 13 %         |               |        |                      |       |           |
|                                                                      | FINOS= 87 %         |               |        |                      |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. %           | R.A.          | % PASA | LL = 58,00 %         |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00                | 0,0           | 100    | LP = 24,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00                | 0,0           | 100    | IP = 34,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00                | 0,0           | 100    | CLASIFICACION:       |       |           |
| No. 10                                                               | 0,20                | 0,1           | 100    | SUCS = CH            |       |           |
| No. 40                                                               | 2,06                | 1,3           | 99     | AASHTO= A-7-6        |       |           |
| No. 200                                                              | 20,22               | 12,6          | 87     | IG(86)= 33           |       |           |
| COLOR= NARANJA                                                       | IG(45)= 20          |               |        |                      |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO



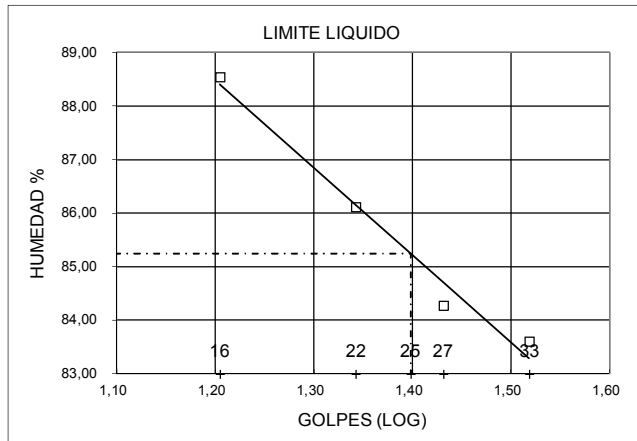


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |                     |               |         |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |                     |               |         |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |                     |               |         |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |                     |               | POZO: 4 |                      |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |                     | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 3,0-4,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES              | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |                     | 44,81         | 40,74   | 27,69                | 31,19 |           |
|                                                                      |                     | 43,78         | 39,81   | 27,81                | 33,08 | 32,14     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 33                  | 33,39         | 30,38   | 26,78                | 83,61 |           |
|                                                                      | 27                  | 33,89         | 30,03   | 25,45                | 84,28 |           |
|                                                                      | 22                  | 36,35         | 32,13   | 27,23                | 86,12 |           |
|                                                                      | 16                  | 36,40         | 32,07   | 27,18                | 88,55 | 85,25     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |                     | 30,53         | 29,56   | 25,90                | 26,50 |           |
|                                                                      |                     | 32,14         | 31,20   | 27,57                | 25,90 | 26,20     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    | 5.- CLASIFICACION.- |               |         |                      |       |           |
| PESO IN= 123,4 (H/S) H                                               |                     |               |         | GRAVA= 43 %          |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 93,4                                        |                     |               |         | ARENA= 17 %          |       |           |
|                                                                      |                     |               |         | FINOS= 40 %          |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. %           | R.A.          | % PASA  |                      |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00                | 0,0           | 100     | LL = 85,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 31,28               | 33,5          | 67      | LP = 26,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00                | 33,5          | 67      | IP = 59,00 %         |       |           |
| 1/2"                                                                 | 6,94                | 40,9          | 59      |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00                | 40,9          | 59      |                      |       |           |
| No. 4                                                                | 2,19                | 43,3          | 57      |                      |       |           |
| No. 10                                                               | 0,93                | 44,3          | 56      |                      |       |           |
| No. 40                                                               | 3,13                | 47,6          | 52      |                      |       |           |
| No. 200                                                              | 11,86               | 60,3          | 40      |                      |       |           |
| COLOR= NARANJA                                                       |                     |               |         | CLASIFICACION:       |       |           |
|                                                                      |                     |               |         | SUCS = GC            |       |           |
|                                                                      |                     |               |         | AASHTO= A-7-6        |       |           |
|                                                                      |                     |               |         | IG(86)= 14           |       |           |
|                                                                      |                     |               |         | IG(45)= 6            |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

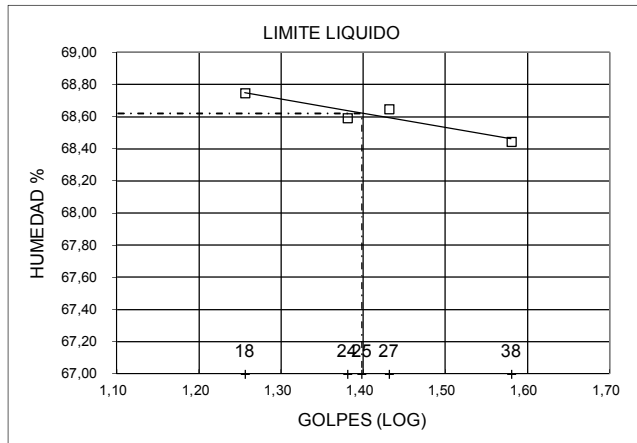


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |                     |               |         |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |                     |               |         |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |                     |               |         |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |                     |               | POZO: 5 |                      |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |                     | OPERADOR: O.V |         | PROFUND.: 1,0-2,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES              | PESO HM.      | SECO    | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |                     | 58,41         | 52,01   | 25,84                | 24,46 |           |
|                                                                      |                     | 60,30         | 53,45   | 27,61                | 26,51 | 25,48     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 38                  | 37,92         | 33,69   | 27,51                | 68,45 |           |
|                                                                      | 27                  | 38,63         | 34,25   | 27,87                | 68,65 |           |
|                                                                      | 24                  | 39,93         | 34,71   | 27,10                | 68,59 |           |
|                                                                      | 18                  | 37,52         | 33,56   | 27,80                | 68,75 | 68,62     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |                     | 29,39         | 28,62   | 25,79                | 27,21 |           |
|                                                                      |                     | 27,54         | 26,81   | 24,04                | 26,35 | 26,78     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    | 5.- CLASIFICACION.- |               |         |                      |       |           |
| PESO IN= 208,3 (H/S) H                                               | GRAVA= 0 %          |               |         |                      |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 166,0                                       | ARENA= 2 %          |               |         |                      |       |           |
|                                                                      | FINOS= 98 %         |               |         |                      |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. %           | R.A.          | % PASA  | LL = 69,00 %         |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00                | 0,0           | 100     | LP = 27,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00                | 0,0           | 100     | IP = 42,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00                | 0,0           | 100     |                      |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00                | 0,0           | 100     | CLASIFICACION:       |       |           |
| No. 10                                                               | 0,00                | 0,0           | 100     | SUCS = CH            |       |           |
| No. 40                                                               | 0,21                | 0,1           | 100     | AASHTO= A-7-6        |       |           |
| No. 200                                                              | 3,44                | 2,2           | 98      | IG(86)= 48           |       |           |
| COLOR= LIGERAMENTE AMARILLO                                          | IG(45)= 20          |               |         |                      |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO

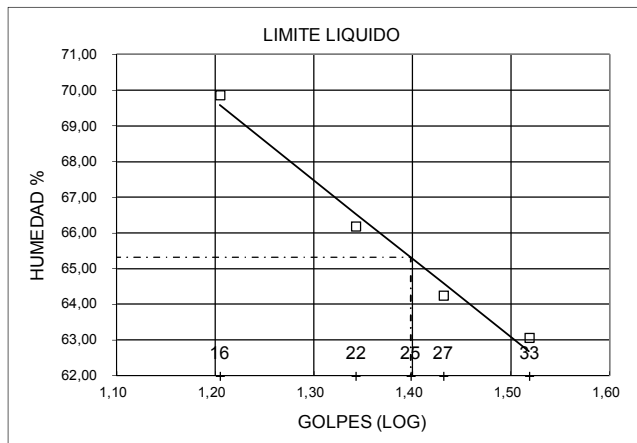


# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
 tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

## ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

|                                                                      |           |               |        |                      |       |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|--------|----------------------|-------|-----------|
| PROY. : ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARIA |           |               |        |                      |       |           |
| OBRA : ESTUDIO DE SUELOS                                             |           |               |        |                      |       |           |
| UBIC. : LOJA                                                         |           | OPERADOR: O.V |        | POZO: 5              |       |           |
| FECHA : MARZO-2016                                                   |           | OPERADOR: O.V |        | PROFUND.: 3,0-4,0 m. |       |           |
|                                                                      | GOLPES    | PESO HM.      | SECO   | DE CAPS              | w %   | RESULTADO |
| 1.- CONTENIDO HUMEDAD                                                |           | 39,05         | 36,55  | 25,32                | 22,26 |           |
|                                                                      |           | 39,48         | 37,28  | 27,42                | 22,31 | 22,29     |
| 2.- LIM. LIQUIDO                                                     | 33        | 35,90         | 32,62  | 27,42                | 63,08 |           |
|                                                                      | 27        | 36,70         | 33,23  | 27,83                | 64,26 |           |
|                                                                      | 22        | 35,30         | 32,05  | 27,14                | 66,19 |           |
|                                                                      | 16        | 34,99         | 31,79  | 27,21                | 69,87 | 65,33     |
| 3.- LIMITE PLASTICO                                                  |           | 31,24         | 30,50  | 27,67                | 26,15 |           |
|                                                                      |           | 30,37         | 29,82  | 27,78                | 26,96 | 26,55     |
| 4.- GRANULOMETRIA                                                    |           |               |        | 5.- CLASIFICACION.-  |       |           |
| PESO IN= 170,7 (H/S) H                                               |           |               |        | GRAVA= 0 %           |       |           |
| PESO INICIAL DE CALCULO: 139,6                                       |           |               |        | ARENA= 5 %           |       |           |
|                                                                      |           |               |        | FINOS= 95 %          |       |           |
| TAMIZ                                                                | PESO R. % | R.A.          | % PASA | LL = 65,00 %         |       |           |
| 1 1/2"                                                               | 0,00      | 0,0           | 100    | LP = 27,00 %         |       |           |
| 1"                                                                   | 0,00      | 0,0           | 100    | IP = 38,00 %         |       |           |
| 3/4"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| 1/2"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| 3/8"                                                                 | 0,00      | 0,0           | 100    |                      |       |           |
| No. 4                                                                | 0,00      | 0,0           | 100    | CLASIFICACION:       |       |           |
| No. 10                                                               | 0,20      | 0,1           | 100    | SUCS = CH            |       |           |
| No. 40                                                               | 0,61      | 0,6           | 99     | AASHTO= A-7-6        |       |           |
| No. 200                                                              | 5,71      | 4,7           | 95     | IG(86)= 42           |       |           |
| COLOR= GRIS                                                          |           |               |        | IG(45)= 20           |       |           |



Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO:


## ESTUDIO DE SUCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS EN AMABLE MARÍA

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS  
 SOLICITADO POR: ULISES JIMENEZ  
 REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO J.  
 SECTOR: AMABLE MARIA

| POZO | PROF.<br>m. | C. H.<br>% | L. L.<br>% | L. P.<br>% | I. P.<br>% | GRAVA<br>% | ARENA<br>% | FINOS<br>% | CLASIFIC |        | GOLPES N |       |       | N30<br>golpes | NS<br>golpes | qu<br>Kg/cm <sup>2</sup> | qu <sub>ltneta</sub><br>Kg/cm <sup>2</sup> | qu <sub>admnet</sub><br>Kg/cm <sup>2</sup> | c<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Ø<br>° |
|------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|--------|----------|-------|-------|---------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|--------|
|      |             |            |            |            |            |            |            |            | SUCS     | AASHTO | 15 cm    | 30 cm | 45 cm |               |              |                          |                                            |                                            |                         |        |
| 1    | 1,00        | 20         | 36         | 18         | 18         | 0          | 65         | 35         | SC       | A-2-6  | 10       | 10    | 15    | 25            | 25           | 3,35                     | 8,62                                       | 2,87                                       | 1,68                    |        |
| 1    | 2,00        | 19         | 41         | 20         | 21         | 0          | 28         | 72         | CL       | A-7-6  | 8        | 13    | 21    | 34            | 34           | 4,56                     | 11,73                                      | 3,91                                       | 2,28                    |        |
| 1    | 3,00        | 19         |            |            |            | 0          | 59         | 41         | SC       | A-7-6  | 21       | 29    | 42    | 71            | 64           | 8,55                     | 21,98                                      | 7,33                                       | 4,28                    |        |
| 2    | 1,00        | 26         | 72         | 29         | 44         | 9          | 46         | 45         | SC       | A-7-6  | 7        | 11    | 11    | 22            | 22           | 2,95                     | 7,59                                       | 2,53                                       | 1,48                    |        |
| 2    | 2,00        | 27         |            |            |            | 4          | 50         | 47         | SC       | A-7-6  | 9        | 10    | 11    | 21            | 21           | 2,82                     | 7,24                                       | 2,41                                       | 1,41                    |        |
| 2    | 3,00        | 30         | 77         | 30         | 47         | 2          | 56         | 42         | SC       | A-7-5  | 10       | 14    | 21    | 35            | 32           | 4,22                     | 10,84                                      | 3,61                                       | 2,11                    |        |
| 2    | 4,00        | 14         | 74         | 25         | 50         | 4          | 31         | 65         | CH1      | A-7-6  | 19       | 19    | 15    | 34            | 32           | 4,26                     | 10,95                                      | 3,65                                       | 2,13                    |        |
| 3    | 1,00        | 30         | 33         | 19         | 14         | 0          | 24         | 76         | CL       | A-6    | 2        | 3     | 3     | 6             | 6            | 0,81                     | 2,07                                       | 0,69                                       | 0,40                    |        |
| 3    | 2,00        | 29         | NP         | NP         | NP         | 10         | 63         | 27         | SM       | A-2-4  | 4        | 12    | 18    | 30            | 30           |                          | 7,55                                       | 2,52                                       |                         | 40     |
| 3    | 3,00        | 11         | NP         | NP         | NP         | 32         | 58         | 10         | SM       | A-1-b  | 8        | 8     | 8     | 16            | 14           |                          | 3,61                                       | 1,20                                       |                         | 32     |
| 3    | 4,00        |            |            |            |            |            |            |            |          |        | 11       | 16    | 20    | 36            | 34           |                          | 8,46                                       | 2,82                                       |                         | 41     |
| 4    | 1,00        | 26         | 58         | 24         | 34         | 0          | 15         | 85         | CH1      | A-7-6  | 7        | 9     | 10    | 19            | 19           | 2,55                     | 6,55                                       | 2,18                                       | 1,27                    |        |
| 4    | 2,00        | 27         |            |            |            | 0          | 7          | 93         | CH1      | A-7-6  | 5        | 8     | 11    | 19            | 19           | 2,55                     | 6,55                                       | 2,18                                       | 1,27                    |        |
| 4    | 3,00        | 32         | 38         | 30         | 8          | 43         | 17         | 40         | GC       | A-7-6  | 11       | 12    | 10    | 22            | 20           |                          | 4,97                                       | 1,66                                       |                         | 35     |
| 4    | 4,00        | 27         |            |            |            | 30         | 24         | 46         | GC       | A-7-6  | 8        | 12    | 11    | 23            | 22           |                          | 5,41                                       | 1,80                                       |                         | 36     |
| 5    | 1,00        | 25         | 69         | 27         | 42         | 0          | 2          | 98         | CH1      | A-7-6  | 8        | 7     | 8     | 15            | 15           | 2,01                     | 5,17                                       | 1,72                                       | 1,01                    |        |
| 5    | 2,00        |            |            |            |            |            |            |            |          |        | 7        | 11    | 12    | 23            | 23           | 3,09                     | 7,93                                       | 2,64                                       | 1,54                    |        |
| 5    | 3,00        | 22         | 65         | 27         | 38         | 0          | 5          | 95         | CH1      | A-7-6  | 13       | 16    | 20    | 36            | 33           | 4,34                     | 11,15                                      | 3,72                                       | 2,17                    |        |
| 5    | 4,00        |            |            |            |            |            |            |            |          |        | 17       | 17    | 17    | 34            | 32           | 4,26                     | 10,95                                      | 3,65                                       | 2,13                    |        |

Ing. Diego I.Castillo J.  
**CONSULTOR**

**ANEXO 13.** Fichas de la  
caracterización de deslizamientos

|                                                                                                                                                     |                     |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código de Movimiento: D 1</b>                                                                                                                    |                     | <b>PROFUNDIDAD DE FALLA: 1 m</b>                                                   |
| <b>COORDENADAS:</b>                                                                                                                                 | <b>X:</b> 698444    | <b>INCLINACIÓN DE LADERA: 15°</b>                                                  |
|                                                                                                                                                     | <b>Y:</b> 9563190   | <b>FORMA DE LA LADERA:</b> Recta (X) Cónca ( ) Convexa ( )                         |
|                                                                                                                                                     | <b>Z:</b> 2037 msnm | <b>TIPO:</b> Deslizamiento (x) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )      |
| <b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 34 m</b>                                                                           |                     |  |
| <b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 28 m</b>                                                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>TIPO DE FALLA:</b> Rotacional (x) Traslacional ( ) Complejo ( )                                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido (x)<br>Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( )<br>Evento múltiple y lento ( )           |                     |                                                                                    |
| <b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x)                                                                                               |                     |                                                                                    |
| <b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( )<br>Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho (x)<br>Longitud < ancho (x)                           |                     |                                                                                    |
| <b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta (x)<br>Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )                           |                     |                                                                                    |
| <b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )         |                     |                                                                                    |
| <b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos (x)                 |                     |                                                                                    |
| <b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( ) |                     |                                                                                    |
| <b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias (x) Construcciones ( ) Otros ( )                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>DAÑO:</b> No visible ( ) Carreteras ( ) Residencias ( ) Áreas de pasto (x)                                                                       |                     |                                                                                    |



|                                                                                                                                                       |                     |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código de Movimiento: D 2</b>                                                                                                                      |                     | <b>PROFUNDIDAD DE FALLA: 1 m</b>                                                   |
| <b>COORDENADAS:</b>                                                                                                                                   | <b>X:</b> 698659    | <b>INCLINACIÓN DE LADERA: 18°</b>                                                  |
|                                                                                                                                                       | <b>Y:</b> 9562922   | <b>FORMA DE LA LADERA:</b> Recta (x) Cónca ( ) Convexa ( )                         |
|                                                                                                                                                       | <b>Z:</b> 2088 msnm | <b>TIPO:</b> Deslizamiento ( x ) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )    |
| <b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 28 m</b>                                                                             |                     |  |
| <b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 60 m</b>                                                                                                    |                     |                                                                                    |
| <b>TIPO DE FALLA:</b> Rotacional ( X ) Traslacional ( )                                                                                               |                     |                                                                                    |
| <b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido ( x )<br>Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( )<br>Evento múltiple y lento ( )           |                     |                                                                                    |
| <b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente ( ) Activo ( x )                                                                                               |                     |                                                                                    |
| <b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( )<br>Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( )<br>Longitud < ancho ( x )                           |                     |                                                                                    |
| <b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta ( x )<br>Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )                           |                     |                                                                                    |
| <b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad ( ) Zonas de poca humedad ( x ) Zonas inundadas ( )         |                     |                                                                                    |
| <b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos ( x )                 |                     |                                                                                    |
| <b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua ( x ) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( ) |                     |                                                                                    |
| <b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias ( x ) Construcciones ( ) Otros ( )                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>DAÑO:</b> No visible ( ) Carreteras ( x ) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )                                                                       |                     |                                                                                    |

|                                                                                                                                                     |                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código de Movimiento: D 3</b>                                                                                                                    |                     | <b>PROFUNDIDAD DE FALLA: 1 m</b>                                                    |
| <b>COORDENADAS:</b>                                                                                                                                 | <b>X:</b> 698731    | <b>INCLINACIÓN DE LADERA: 28°</b>                                                   |
|                                                                                                                                                     | <b>Y:</b> 9562527   | <b>FORMA DE LA LADERA:</b> Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )                        |
|                                                                                                                                                     | <b>Z:</b> 2080 msnm | <b>TIPO:</b> Deslizamiento ( x ) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )     |
| <b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 9 m</b>                                                                            |                     |  |
| <b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 18 m</b>                                                                                                  |                     |                                                                                     |
| <b>TIPO DE FALLA:</b> Rotacional ( ) Traslacional (X)                                                                                               |                     |                                                                                     |
| <b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido ( x )<br>Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( )<br>Evento múltiple y lento ( )         |                     |                                                                                     |
| <b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x)                                                                                               |                     |                                                                                     |
| <b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) Longitud = ancho ( )<br>Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)                              |                     |                                                                                     |
| <b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta (x) Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )                              |                     |                                                                                     |
| <b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )         |                     |                                                                                     |
| <b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) No vegetada ( ) Vegetación escasa (x) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos ( )                 |                     |                                                                                     |
| <b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( ) |                     |                                                                                     |
| <b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias ( x ) Construcciones ( ) Otros ( )                                                                |                     |                                                                                     |
| <b>DAÑO:</b> No visible (x) Carreteras ( ) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )                                                                       |                     |                                                                                     |

|                                                                                                                                                       |                     |                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código de Movimiento: D 4</b>                                                                                                                      |                     | <b>PROFUNDIDAD DE FALLA: 2 m</b>                                                    |
| <b>COORDENADAS:</b>                                                                                                                                   | <b>X:</b> 698786    | <b>INCLINACIÓN DE LADERA: 25°</b>                                                   |
|                                                                                                                                                       | <b>Y:</b> 9562433   | <b>FORMA DE LA LADERA:</b> Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )                        |
|                                                                                                                                                       | <b>Z:</b> 2086 msnm | <b>TIPO:</b> Deslizamiento ( x ) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )     |
| <b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 9 m</b>                                                                              |                     |  |
| <b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte): 18 m</b>                                                                                                    |                     |                                                                                     |
| <b>TIPO DE FALLA:</b> Rotacional ( ) Traslacional ( ) Complejo (x)                                                                                    |                     |                                                                                     |
| <b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido (x) Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )                   |                     |                                                                                     |
| <b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x)                                                                                                 |                     |                                                                                     |
| <b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) Longitud = ancho ( ) Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)                                   |                     |                                                                                     |
| <b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta (x) Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo ( ) No presente ( )                                |                     |                                                                                     |
| <b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )           |                     |                                                                                     |
| <b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( ) No vegetada (x) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos ( )                   |                     |                                                                                     |
| <b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( x ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( ) |                     |                                                                                     |
| <b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias ( x ) Construcciones (x) Otros ( )                                                                  |                     |                                                                                     |
| <b>DAÑO:</b> No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )                                                                         |                     |                                                                                     |

|                                                                                                                                                     |                     |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código de Movimiento: D 5</b>                                                                                                                    |                     | <b>PROFUNDIDAD DE FALLA:</b>                                                       |
| <b>COORDENADAS:</b>                                                                                                                                 | <b>X:</b> 698850    | <b>INCLINACIÓN DE LADERA:</b> 16°                                                  |
|                                                                                                                                                     | <b>Y:</b> 9562511   | <b>FORMA DE LA LADERA:</b> Recta ( ) Cóncava (x) Convexa ( )                       |
|                                                                                                                                                     | <b>Z:</b> 2106 msnm | <b>TIPO:</b> Deslizamiento ( x ) Flujo ( ) Caídas ( ) Reptación ( ) Erosión ( )    |
| <b>LONGITUD (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base):</b> m                                                                              |                     |  |
| <b>ANCHO (Promedio de la zona de aporte):</b> 25 m                                                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>TIPO DE FALLA:</b> Rotacional ( ) Traslacional ( ) Complejo ( )                                                                                  |                     |                                                                                    |
| <b>MECANISMO:</b> Evento sencillo y rápido ( )<br>Evento sencillo y lento ( ) Evento múltiple y rápido ( ) Evento múltiple y lento ( )              |                     |                                                                                    |
| <b>ACTIVIDAD:</b> Inactivo ( ) Latente ( ) Activo (x)                                                                                               |                     |                                                                                    |
| <b>FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable ( )<br>Longitud = ancho ( )<br>Longitud > ancho ( ) Longitud < ancho (x)                           |                     |                                                                                    |
| <b>ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:</b> Masa intacta (x )<br>Masa desintegrada ( ) Masa en forma de flujo ( )<br>No presente ( )                       |                     |                                                                                    |
| <b>HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No presenta zonas húmedas ( ) Zonas de alta humedad (x) Zonas de poca humedad ( ) Zonas inundadas ( )         |                     |                                                                                    |
| <b>VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:</b> No aplicable (x) No vegetada ( ) Vegetación escasa ( ) Arbustos ( ) Árboles ( ) Pastos ( )                 |                     |                                                                                    |
| <b>CAUSA PROBABLE:</b> Desconocida ( ) Erosión concentrada ( ) Deforestación ( ) Exceso de agua (x) Cargas de construcción ( ) Discontinuidades ( ) |                     |                                                                                    |
| <b>FACTOR DISPARADOR:</b> Desconocido ( ) Lluvias ( x ) Construcciones ( ) Otros ( )                                                                |                     |                                                                                    |
| <b>DAÑO:</b> No visible ( ) Carreteras (x) Residencias ( ) Áreas de pasto ( )                                                                       |                     |                                                                                    |

**ANEXO 14.** Comprobación del Modelo  
Analítico Jerárquico de Saaty de las variables y  
Ponderación de las clases de los factores por el  
Método Directo.

### Comprobación del Modelo Analítico de Saaty

| Factores (n)                | Geología          | Pendientes | Geomorfología | Uso Actual del Suelo | Ponderación | Ponderación Normalizada (W) | $\sum A_{ij} * W_{ij}$ (AW) | AW/W  | nmax=<br>$\sum(AW/W)/n$ | IC= (nmax-n/n-1) | RC= IC/ICA   |
|-----------------------------|-------------------|------------|---------------|----------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------|------------------|--------------|
| <b>Geología</b>             | 1                 | 1          | 5             | 7                    | 3.50        | <b>0.46</b>                 | 1.933                       | 4.171 | 4.13                    | 0.04             | <b>0.049</b> |
| <b>Pendientes</b>           | 1                 | 1          | 3             | 5                    | 2.50        | <b>0.33</b>                 | 1.522                       | 4.598 |                         |                  |              |
| <b>Geomorfología</b>        | 0.20              | 0.33       | 1             | 3                    | 1.13        | <b>0.15</b>                 | 0.519                       | 3.462 |                         |                  |              |
| <b>Uso Actual del Suelo</b> | 0.14              | 0.2        | 0.33          | 1                    | 0.42        | <b>0.06</b>                 | 0.238                       | 4.288 |                         |                  |              |
| <b>Total</b>                |                   |            |               |                      | 7.55        | 1.00                        |                             | 16.52 |                         |                  |              |
| <b>n= 4</b>                 | <b>ICA= 0.882</b> |            |               |                      |             |                             |                             |       |                         |                  |              |



**Ponderación de las clases de los factores por el Método Directo**

| <b>Variabla</b>      | <b>Clases</b>                                    | <b>Ponderación</b> |
|----------------------|--------------------------------------------------|--------------------|
| Geología             | Lutitas                                          | 2                  |
|                      | Sedimentos no consolidados                       | 4                  |
|                      | Terraza aluvial, abanico aluvial, con sedimentos | 2                  |
|                      | Conglomerados y areniscas                        | 1                  |
|                      | Material arcilloso, aluviales, cantos rodados    | 4                  |
| Pendientes           | 0° - 2°                                          | 1                  |
|                      | 2° - 5°                                          | 2                  |
|                      | 5° - 15°                                         | 3                  |
|                      | 15° - 35°                                        | 4                  |
|                      | > 35°                                            | 5                  |
| Geomorfología        | Terraza baja y cauce actual                      | 5                  |
|                      | Terraza baja                                     | 3                  |
|                      | Cono de deyección                                | 5                  |
|                      | Superficie ondulada                              | 2                  |
|                      | Valle fluvial                                    | 4                  |
|                      | Relieve ondulado                                 | 2                  |
|                      | Relieve escalonado                               | 3                  |
|                      | Relieve colinado muy bajo                        | 1                  |
|                      | Relieve colinado bajo                            | 2                  |
|                      | Relieve colinado medio                           | 4                  |
|                      | Deslizamiento                                    | 5                  |
| Uso Actual del Suelo | Pastizales                                       | 2                  |
|                      | Infraestructura y vías                           | 1                  |
|                      | Árboles                                          | 1                  |
|                      | Arbustos                                         | 2                  |
|                      | Zonas denudadas o sin vegetación                 | 4                  |
|                      | Zona de acumulación de material                  | 5                  |
|                      | Cultivos                                         | 2                  |