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 DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR CIUDAD VICTORIA HASTA EL PLATEADO EN EL FLANCO OESTE DE LA CIUDAD DE LOJA"

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

AUTOR:

Dario Francisco Fajardo Moreno

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2015

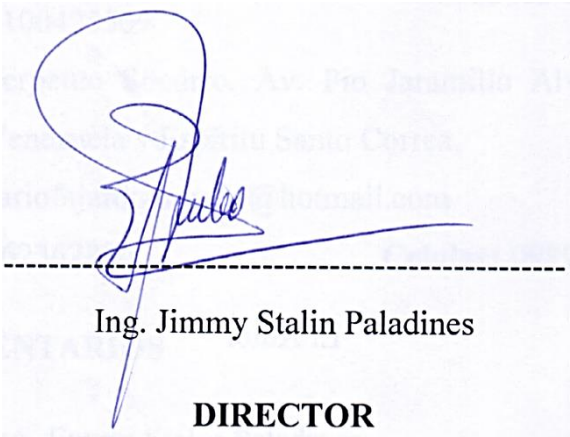
ING. JIMMY STALIN PALADINES, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Que el presente trabajo ha sido realizado bajo mi dirección y asesoría; por lo que, luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones necesarias, autorizo su presentación.

Loja, Diciembre de 2014



.

Ing. Jimmy Stalin Paladines

DIRECTOR

AUTORÍA

Yo **DARIO FRANCISCO FAJARDO MORENO** declaro ser autor del presente trabajo 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.

Autor: Dario Francisco Fajardo Moreno

Firma:

Cédula: 2100425509

Fecha: 06 de Marzo del 2015

El Autor

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

Yo **DARIO FRANCISCO FAJARDO MORENO** declaro ser autor de la tesis titulada: **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DESDE CIUDAD VICTORIA HASTA EL PLATEADO EN EL FLANCO OESTE DE LA CIUDAD DE LOJA"**, como requisito a optar el 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 los 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 seis días del mes de marzo del dos mil quince, firma el autor.

Firma:

Autor: Dario Francisco Fajardo Moreno

Cédula: 2100425509

Dirección: Perpetuo Socorro. Av. Pio Jaramillo Alvarado 27 – 09 entre Venezuela y Espíritu Santo Correa.

Correo Electrónico: dariofajardomoreno@hotmail.com

Teléfono: 062362830 **Celular:** 0989459628

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de Grado: Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

DEDICATORIA

"A mi madre Mery Mercedes Moreno Castillo que ha sido mi gran inspiración y me ha dado el gran ejemplo de que hay que luchar constantemente para alcanzar las metas propuestas, a mi padre John Fajardo Vivanco por brindarme su apoyo, a mi Hermano John Fajardo por siempre estar ahí y brindarme su apoyo incondicional, Cristian y Evelyn Recalde por su colaboración, por su gran apoyo, excelentes personas sin su apoyo incondicional y sus buenos deseos no hubiera sido posible realizar este logro. A mis familiares, compañeros y amigos, quienes contribuyeron para poder llevar a cabo este proyecto"

Dario

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la UNIVESIDAD NACIONAL DE LOJA, que me abrió las puertas para poder ser parte de ella y formarme en la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

Muy especialmente agradezco al Ing. Michael Valarezo y al Ing. Julio Romero en calidad de docentes, quienes han sabido brindarme sus conocimientos científicos y guiarme, para lograr culminar mis estudios universitarios.

A los docentes de la carrera, por brindarme su colaboración y asesoramiento para el desarrollo del presente proyecto.

A mi director de Tesis Ing. Stalin Paladines por su paciencia y colaboración en el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros y amigos que colaboraron en mi formación.

De forma muy general a toda mi familia por ser la luz que guía mi camino y mi ejemplo a seguir.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA I

CERTIFICACIÓN II

AUTORÍA III

CARTA DE AUTORIZACIÓN IV

DEDICATORIA V

AGRADECIMIENTO VI

ÍNDICE DE CONTENIDOS VII

ÍNDICE TABLAS X

ÍNDICE DE GRÁFICAS XII

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS XIII

ÍNDICE DE FIGURAS XIV

1. TEMA: 1

2. RESUMEN 2

3. INTRODUCCIÓN 4

Ojetivos 5

General 5

Específicos 5

4. MARCO TEÓRICO 6

4.1. Susceptibilidad 6

4.1.1. Elaboración de Mapas de Susceptibilidad a los Deslizamientos 6

4.2. Sistemas de Información Geográfica 8

4.3. Movimientos en Masa 9

4.3.1. Deslizamientos 9

4.3.2. Partes de un deslizamiento 11

4.3.3. Dimensiones de los movimientos 12

4.4. Topografía 13
4.5. Estudio geológico 14
4.5.1. Geología 14
4.5.2. Geomorfología 15
4.5.3. Geología estructural 16
4.6. Factores Condicionantes y Desencadenantes que inciden en los deslizamientos 17
4.6.1. Factores Condicionantes (intrínsecos) 17
4.6.2. Factores Desencadenantes (externos) 18
4.7. Sondeos Eléctricos Verticales 19
4.8. Resistencia a la Penetración Estándar (SPT) 21
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA 24
5.1. Metodología 27
5.1.1. Metodología para el levantamiento topográfico y geológico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía integración barrial, identificando las principales características litológicas, geomorfológicas y estructurales. 27
5.1.2. Metodología de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), las características litológicas como potencias y tipos de rocas y presencia de agua en el subsuelo. 32
5.1.3. Metodología para la elaboración del mapa de zonas susceptibles a deslizamiento en base a mapas temáticos. 33
6. RESULTADOS 38
6.1. Ubicación 38
6.2. Clima 38
6.3. Topografía 39
6.4. Pendientes 40
6.5. Uso Actual del Suelo 40
6.6. Geología Regional 41
6.7. Geología Local 44
6.7.1. Descripción de Afloramientos 44

6.7.2. Geomorfología 50
6.7.3. Inventario de deslizamientos 51
6.8. Geología Estructural 63
6.9. Interpretación de los sondeos Eléctricos Verticales – SEV 63
6.9.1. Cortes Geoeléctricos 74
6.9.2. Ensayo de penetración estándar – SPT 75
6.10. Susceptibilidad a deslizamientos 85
6.10.1. Variables, Indicadores y Pesos 86
6.11. Valoración e interpretación de las zonas 90
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 94
8. CONCLUSIONES 96
9. RECOMENDACIONES 98
10. BLIBLIOGRAFÍA 99
ANEXOS 102

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos. 7
Tabla 2. Criterios para categorizar la susceptibilidad..... 7
Tabla 3. Materiales de Campo y Oficina utilizados para el desarrollo del proyecto..... 26
Tabla 4. Clasificación a utilizar para elaborar el mapa de pendientes 28
Tabla 5. Categorías de forma de la vertiente 29
Tabla 6. Categorías de pendientes 30
Tabla 7. Categorías de desnivel relativo..... 30
Tabla 8. Categorías de longitud de la vertiente 30
Tabla 9. Categorías de fondo de valle 31
Tabla 10. Formas de relieve según su origen 31
Tabla 11. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a deslizamientos..... 35
Tabla 12. Ejemplo de la herramienta suma ponderada..... 36
Tabla 13. Pesos de criterios usando el Método de Valor Esperado..... 36
Tabla 14. Clasificación de las pendientes en grados, porcentajes y hectáreas. 40
Tabla 15. Uso del suelo expresado en porcentaje y hectáreas..... 41
Tabla 16. Geomorfología y área ocupada en el sector de estudio 51
Tabla 17. Datos obtenidos en el campo (Línea 1). 64
Tabla 18. Interpretación de la Línea SEV 1. 65
Tabla 19. Datos obtenidos en el campo (Línea 2). 66
Tabla 20. Interpretación de la Línea SEV 2. 67
Tabla 21. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3). 67
Tabla 22. Interpretación de la Línea SEV 3. 68
Tabla 23. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4). 69
Tabla 24. Interpretación de la Línea SEV 4. 70
Tabla 25. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5). 71
Tabla 26. Interpretación de la Línea SEV 5. 72
Tabla 27. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 6). 73
Tabla 28. Interpretación de la Línea SEV 6. 74
Tabla 29. Valores orientados del Nspt, resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad. 76

Tabla 30. Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS a 2.0 metros de profundidad. 77
Tabla 31. Valoración Geológica – Geotécnica de los suelos en el área de estudio..... 79
Tabla 32. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos... 85
Tabla 33. Condición para asignación de pesos. 86
Tabla 34. Peso asignado para geología. 86
Tabla 35. Pesos asignados para geomorfología. 87
Tabla 36. Peso asignado para pendientes. 87
Tabla 37. Valoraciones asignadas para la condición intrínseca y sus variables. 88
Tabla 38. Peso asignado para uso del suelo y cobertura vegetal. 89
Tabla 39. Valoración asignada para la condición Biológica y su variable. 90
Tabla 40. Clasificación de Susceptibilidad a deslizamientos en el sector y área ocupada. 92

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama para la elaboración del proyecto de tesis. 37
Gráfica 2. Curva teórica y de trabajo..... 65
Gráfica 3. Curva teórica y de trabajo..... 66
Gráfica 4. Curva teórica y de trabajo..... 68
Gráfica 5. Curva teórica y de trabajo..... 70
Gráfica 6. Curva teórica y de trabajo..... 72
Gráfica 7. Curva teórica y de trabajo..... 74
Gráfica 8. Diagrama que muestra los rangos de susceptibilidad y sus porcentajes ocupados en la zona..... 93

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Arreglo Schlumberger..... 33
Fotografía 2. Afloramiento de lutitas carbonatadas moderadamente meteorizadas..... 45
Fotografía 3. Afloramiento de lutitas carbonatadas altamente meteorizadas..... 46
Fotografía 4. Afloramiento de lutitas carbonatadas moderadamente meteorizadas..... 46
Fotografía 5. Afloramiento de lutitas carbonatadas meteorizadas con materia orgánica. 47
Fotografía 6. Afloramiento de areniscas en la Quebrada s/n..... 48
Fotografía 7. Afloramiento de areniscas con presencia de cárcavas por erosión fluvial.48
Fotografía 8. Afloramiento de areniscas de color gris. 49
Fotografía 9. Afloramiento de areniscas de color gris a marrón con materia orgánica.. 50
Fotografía 10. Deslizamiento 1 (DLR1)..... 51
Fotografía 11. Deslizamiento 2 (DLR2)..... 53
Fotografía 12. Deslizamiento 3 (DLR3)..... 55
Fotografía 13. Deslizamiento 4 (DLR4)..... 57
Fotografía 14. Deslizamiento 5 (DLR5)..... 59
Fotografía 15. Deslizamiento 6 (DLR6)..... 61
Fotografía 16. Afloramiento con una falla inversa..... 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento rotacional 10
Figura 2. Deslizamiento translacional 10
Figura 3. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento 11
Figura 4. Dimensiones de los movimientos en masa 12
Figura 5. Equipo SYSCAL JUNIOR R1 PLUS. 19
Figura 6. Principio, descripción de los sondeos eléctricos verticales SEV de geometría Schlumberger 20
Figura 7. Procedimiento general del mecanismo manual del ensayo SPT 22
Figura 8. Diseño del tubo muestreador estándar 23
Figura 9. Dimensiones del deslizamiento 1. 52
Figura 10. Dimensiones del deslizamiento 2. 54
Figura 11. Dimensiones del deslizamiento 3. 56
Figura 12. Dimensiones del deslizamiento 4. 58
Figura 13. Dimensiones del deslizamiento 5. 60
Figura 14. Dimensiones del deslizamiento 6. 62
Figura 15. Valores de resistividad. 64
Figura 16. Valores de resistividad. 66
Figura 17. Valores de resistividad. 68
Figura 18. Valores de resistividad. 69
Figura 19. Valores de resistividad. 71
Figura 20. Valores de resistividad. 73
Figura 21. Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento 76
Figura 22. Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad. 82
Figura 23. Corte Geoeléctrica de las líneas 3, 1 114
Figura 24. Corte Geoeléctrica de las líneas 6, 2 114
Figura 25. Corte Geoeléctrica de las líneas 4, 5 115

1. TEMA:

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL DESDE CIUDAD VICTORIA HASTA EL PLATEADO EN EL FLANCO OESTE DE LA CIUDAD DE LOJA”

2. RESUMEN

Los deslizamientos de suelos en taludes y terraplenes son la amenaza natural que más afecta las vías y a los barrios. Por estas razones, en el presente trabajo de tesis, se realizó la susceptibilidad a deslizamientos de la vía de integración barrial (Ángel Felicísimo Rojas) desde el sector Ciudad Victoria hasta El Plateado, el análisis de susceptibilidad se desarrolló utilizando el método del valor esperado y la herramienta suma ponderada que toman en cuenta variables geológicas, geomorfológicas, topográficas como la pendiente y usos de suelo.

En este trabajo se realizó un conjunto de parámetros técnicos tanto en la obtención de datos de campo como en los de oficina, como el levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico, así como también la aplicación de métodos geofísicos para este caso SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), Ensayo de Penetración Estándar (SPT) lo que facilito la caracterización geotécnica de los materiales.

A partir de las variables antes mencionadas se elaboró mapas temáticos, valorando la incidencia en los procesos de deslizamientos. Con los Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS 10.1), se procesó cada una de las variables de forma digital para superponer los mapas temáticos obteniendo como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, con cinco categorías: **muy baja** con 8.64 % que representa 6.43 Ha; **baja** que comprende el 45.23 % que representa 33.64 Ha; **media** con 28.42 % que representa 21.14 Ha; **alta** con 12.85 % que representa 9.56 Ha. y **muy alta** susceptibilidad con el 4.81 % que representa 3.58 Ha. de toda el área de estudio.

Los resultados de esta investigación permitirán identificar las áreas susceptibles a deslizarse y serán de gran utilidad como base, para la toma de decisiones enfocadas a la prevención de riesgos en la vía y sus alrededores, además de ser elementos claves en los proyectos de ordenamiento territorial y proyectos de expansión urbana de la ciudad de Loja.

ABSTRACT

In the city of Loja, Landslide on slopes and embankments are the natural hazard that affects mountain roads and neighborhoods. For these reasons, in this thesis landslide susceptibility pathway of neighborhood integration (Angel Felicísimo Rojas) from Ciudad Victoria sector until the Silver, was held on susceptibility testing was performed using the heuristic method and the weighted sum variables taken into account geological, geomorphological, topographical as the slope and land use.

This paper presents a set of technical parameters was performed in both data collection in the field and office, such as topographic, geological, geomorphological survey, as well as the application of geophysical methods for this case SEV (Vertical Electrical Sounding) , Standard penetration test (SPT) which facilitated the geotechnical characterization of materials.

From the above variables thematic maps of each of the variables was developed evaluating the intervention in the processes of landslides.

With the GIS (ArcGIS 10.1), was processed each variables digitally superimpose thematic maps for obtaining the landslide susceptibility map with five categories: very low with 8.64% which represents 6.43 Ha; Low comprising 45.23% representing 33.64 Ha; with 28.42% Average 21.14 representing Ha; high with 12.85% which represents 9.56 Ha. and very high susceptibility to 4.81% representing 3.58 Ha. of the entire study area.

The results of this research to identify critical areas in certain sectors and will be useful for decision making for land use planning and urban expansion projects of the city of Loja.

3. INTRODUCCIÓN

La susceptibilidad a deslizamientos es la tendencia que tiene un talud o ladera a fallar, ocasionados por los procesos geodinámicos; con la intención de prevenir y mitigar los riesgos geológicos.

En este contexto, los deslizamientos deben ser analizados, caracterizados y evaluados para obtener una zonificación específica de los movimientos de masa y lograr su gestión. Según Mora R. (1992), en su publicación técnica describe que el o los estudio (s) de susceptibilidad a deslizamientos son una herramienta valiosa para identificar zonas de riesgo y determinar la vulnerabilidad de las poblaciones.

En el presente proyecto investigativo, la Susceptibilidad a deslizamiento en la vía de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas, se toma en consideración desde el sector Ciudad Victoria hasta el Plateado de la ciudad de Loja, en el kilómetro 6 + 300 m al 7 + 700 m; correspondiendo 200 m a cada margen de la vía.

La vía de integración barrial ha estado expuesta a fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de taludes y laderas, lo que ha ocasionado daños directos e indirectos a parte de los pobladores de los barrios Bolonia y El Plateado, estando cuatro viviendas expuestas directamente y aproximadamente 30 habitantes, por lo que surge la necesidad de contar con estudios de susceptibilidad de deslizamiento, análisis de peligro, riesgos, entre otros. Actualmente la vía está siendo ampliada y pavimentándola, pero aún persisten los problemas morfo-dinámicos, que se los puede observar en el recorrido de la vía de integración, siendo reparada constantemente.

Los mapas generados se utilizarán y aplicarán como instrumentos en la toma de decisiones para los procesos de planificación del uso del territorio, el desarrollo de infraestructura, urbanismo y líneas vitales. El resultado de su aplicación servirá para una mejor comprensión de los fenómenos naturales en el área de estudio, lo cual incide en su desarrollo eficiente y duradero.

Sobre este análisis, en este trabajo investigativo las áreas de muy alta susceptibilidad a deslizamientos está situada al sur-este del sector de estudio. La zonificación de la susceptibilidad de un área determinada corresponde únicamente a un período de tiempo

y no prevé condiciones futuras de inestabilidad, pero facilita la determinación de áreas o zonas que requieren de medidas de prevención, control y mitigación inmediata.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se planteó los siguientes objetivos:

General

- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamiento en la vía de Integración Barrial desde el Km 6.3 hasta el Km 7.7. en el sector Occidental del Cantón Loja.

Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía integración barrial, identificando las principales características litológicas, geomorfológicas y estructurales.
- Complementar a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), las características litológicas como potencias y tipos de rocas y presencia de agua en el subsuelo.
- Elaboración del mapa de zonas susceptibles a deslizamiento en base a mapas temáticos previamente obtenidos con el levantamiento topográfico y geológico.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Susceptibilidad

Según Crozier, 1986, indica que la Susceptibilidad expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno, (Topografía, Geología, Geomorfología, Geotecnia y Cobertura Vegetal).

Según Cruden, 1991, la susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos.

Según Suarez J. 2009, establece que 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 la lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.[1]

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

4.1.1. Elaboración de Mapas de Susceptibilidad a los Deslizamientos

En el mapa de susceptibilidad se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multi-variable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos.

No existe un procedimiento estandarizado para la preparación de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos, los niveles de susceptibilidad varían de acuerdo con los criterios de los diversos autores (**Tablas 1 y 2**).

---

[1]Suarez Jaime, 2009: Capitulo 13 “Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo”

[2]M. Sc. Mora Chinchilla Rolando. Deslizamiento Bajo Gamboa, Costa Rica: La Posibilidad de una

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

Tabla 1. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos.

Fuente: Crozier, 1986. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno.

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.

Tabla 2. Criterios para categorizar la susceptibilidad.

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos

La susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- **Sistema de la experiencia.** Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
- **Sistema teórico.** Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible contribución de cada uno de estos factores.

4.2. Sistemas de Información Geográfica

Al realizar la cartografía de una zona, se mezclan dos conceptos: georreferenciación del dato y la información temática (atributo). Estas dos características, el componente espacial y la información temática asociada, configuran la base para entender los Sistemas de Información Geográfica.

La utilización de SIGs para el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos, ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey (Brabb 1978, 1984, 1995). Estos estudios tuvieron en cuenta otros factores como geología, pendientes y deslizamientos activos. Posteriormente, se realizaron trabajos basados en el análisis estadístico multivariado, especialmente por Carrara (1995), en Italia. Recientemente, se ha popularizado la utilización de SIGs para modelos determinísticos, con el uso de factores de seguridad.

De manera simple, un Sistema de Información Geográfica se puede contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción de territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información. Así es posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona. Un SIG se puede considerar esencialmente como una tecnología (un sistema de hardware y software) aplicada a la resolución de problemas territoriales (Bosque, 1992; Suarez, 1998).

4.3. Movimientos en Masa

Según Mora Rolando, 1992, enuncia que los movimientos en masa son procesos de la Geodinámica Externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno. Los deslizamientos, a su vez, son la principal manifestación de los movimientos en masa.

Los deslizamientos, como todos los movimientos en masa, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser disparados por lluvias, sismos y actividad humana.[2]

4.3.1. Deslizamientos

Existen diferentes conceptos sobre el término deslizamiento que han sido obtenidos por diferentes estudiosos, que a continuación se muestran:

Según Sharpe (1938), define al deslizamiento como un movimiento perceptible de tierra, escombros y detritos, roca o de una mezcla de estas, a través de un mecanismo de rotura.[3]

Según Terzaghi (1950), el padre de la mecánica de suelos, centra su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de la gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior.[4]

Según Cruden y Varnes, (1996), Indica que un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante. Inicialmente, el movimiento no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local. Muchas veces, los primeros signos de

[2] M. Sc. Mora Chinchilla Rolando. Deslizamiento Bajo Gamboa, Costa Rica: La Posibilidad de una Estabilización Rentable. 1992
[3] Sharpe, C., 1938. Landslides and related phenomena.
[4] Terzaghi, K., 1950. “Mechanisms of landslides”.

movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento.[5]

Según Suárez (2002), estos movimientos consisten en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada, el movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia simultáneamente a lo largo de toda la que sería la superficie de falla.[6]

Deslizamientos rotacionales: Según Cruden y Varnes, 1996, describen estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe ***(figura. 1)***.[7]

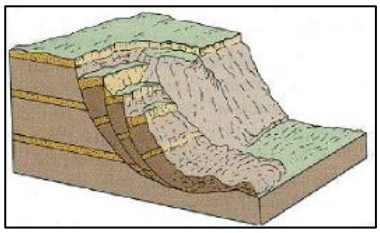


Figura 1. Deslizamiento rotacional

Fuente: Skinner y Porter, 1992[8]

Deslizamientos translacionales: Según Cruden y Varnes, 1996, indican que la masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno ***(figura 2)***.[9]

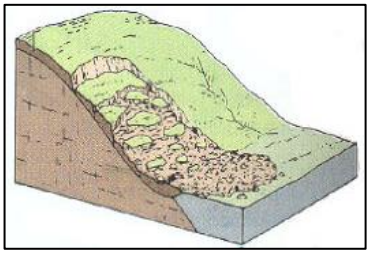


Figura 2. Deslizamiento translacional

Fuente: Skinner y Porter, 1992[10]

[5] Cruden, D.M. & Varnes, D.J., 1996: Landslide Types and Processes.
[6] Suárez, J. (2002). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.
[14] Cruden, D.M. & Varnes, D.J., 1996: Landslide Types and Processes.
[8] Skinner & Porter, 1992. The Dynamic Earth: an introduction to physical geology.
[16] Cruden, D.M. & Varnes, D.J., 1996: Landslide Types and Processes.

4.3.2. Partes de un deslizamiento

En la **figura 3**. se muestra un deslizamiento típico o desplazamiento en masa. Las partes principales son las siguientes:

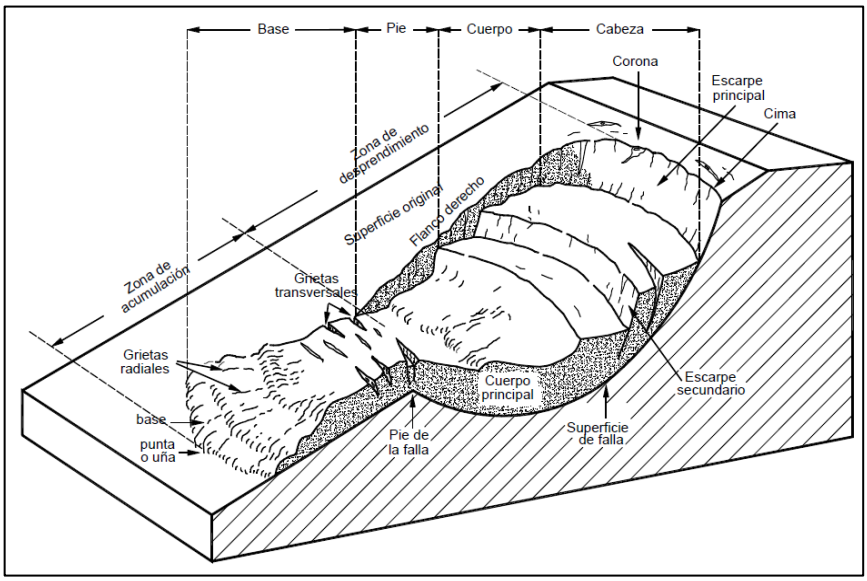


Figura 3. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento

Fuente: Varnes, D. J., 1978.

Cabeza: Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.

Cima: El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Corona: El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.

Escarpe principal: Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

Escarpe secundario: Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.

[17] Skinner & Porter, 1992. The Dynamic Earth: an introduction to physical geology.

Superficie de falla: Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

Pie de la superficie de falla: La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

Base: El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

Punta o uña: El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

Cuerpo principal del deslizamiento: El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.

Superficie original del terreno: La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

Costado o flanco: Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

4.3.3. Dimensiones de los movimientos

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG **figura 4:**

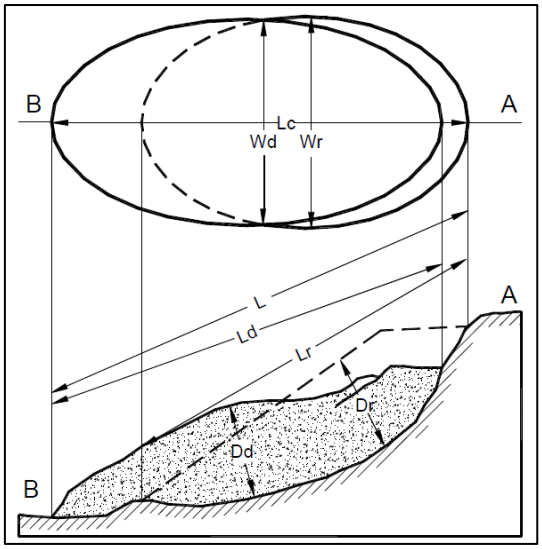


Figura 4. Dimensiones de los movimientos en masa.

Fuente: IAEG Commission on Landslides 1990.

Ancho de la masa desplazada Wd: Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud Ld.

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

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

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

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

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

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

Longitud de la línea central Lc: Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

4.4. Topografía

Según Aranha, Domínguez 1979, describe a la topografía como un conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales. Indica que uno de los mayores avances que ha tenido esta rama ha sido la revolución de la informática y la electrónica en los últimos años, es por ello que todos los estudios geológicos, geotécnicos parten de una topografía a detalle con el mínimo de error.

Los levantamientos topográficos a detalle, que son la base para los estudios geológicos-geotécnicos, se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno, relieves y para determinar la posición de ciertos elementos sobre la superficie de la tierra, esto permitió ubicar al área de estudio en todo su contexto espacial.

Los levantamientos topográficos con estaciones totales y estaciones móviles, la toma y registro de datos es automática, de esta manera eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; de tal forma que las estaciones realizan la toma de datos en forma digital y los cálculos de coordenadas se realizan por medio de software de computación incorporados a dichas estaciones, esto permitió en el presente trabajo investigativo el levantamiento de las 75 hectáreas del sector de estudio a escalas cercanas a 1:5 000, además permite tener una idea de las condicione actuales del terreno y sirve como base para los estudios geológicos, geomorfológicos y usos del suelo. Los datos serán archivados en formato XML para poder ser traducidos por diferentes programas de topografía, diseño geométrico y diseño y edición gráfica.

4.5. Estudio geológico

4.5.1. Geología

Según Werner, A (1749-1817) establece que la geología es una de las ciencias de la tierra y que ésta, se encarga del estudio de su composición, estructura, los fenómenos de toda índole que en ella tienen lugar y su pasado mediante los elementos que de él han quedado en las rocas. Indica que la geología no es una ciencia meramente descriptiva, sino que cada caso busca el porqué de la forma, que establece esa mutua dependencia las leyes que lo rigen y el encadenamiento de hecho que constituye la historia de la tierra[11]

En este mismo contexto de geología física, se reconoce a la fisiografía y la geomorfología como el estudio de las funciones que modelan la superficie terrestre y constituyen parte de la dinámica externa del globo terráqueo, junto con la meteorología y la oceanografía que estudian respectivamente la atmósfera y los mares. La geodinámica interna estudia la disposición de las rocas en lechos o estratos horizontales o inclinados, plegamientos o dislocaciones, la presencia de macizos graníticos o de rocas eruptivas, las coladas de lava procedentes de una erupción volcánica[12]. Estos conocimientos de materiales naturales, sus características, origen y modos de ocurrencia permitirán entregar la primera evaluación del sector de estudio y de su grado de riesgo-vulnerabilidad.

[11] Werner, Abraham Gottlob (1749-1817). Texto tomado de http://www.mcnbiografias.com
[12] Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Fundamentos de Geología. 2007.

El objetivo del levantamiento geológico en este proyecto es el desarrollo de un mapa geológico que explique las condiciones y procesos geológicos de la forma más acertada posible, permitiendo reconocer tipos de materiales.

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[13].

4.5.2. Geomorfología

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

Otro concepto de geomorfología: "Rama de la geografía general que estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo"[14].

- **Unidad genética**

Según Gustavvsson, 2005. Se refiere al proceso responsable de la creación de la forma del relieve. Se describe las formas del relieve según su origen, el cual corresponde a cinco categorías: Deposicional, denudativo, estructural, fluvio erosional y formas de origen fluvial.

- **Unida morfológica**

Define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje.

[13] Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Levantamiento y Carteo Geológico. 2004.
[14] Diccionario de Geología y Mineralogía 1985

- **Forma del relieve**

Una forma del relieve o geoforma es una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto: a su génesis como por ejemplo deposicional o volcánico; a su morfología (aspectos descriptivos) por ejemplo valle o dique; a su morfometría (aspectos cuantitativos) como ejemplo tenemos pendiente y desnivel vertical; y a su morfodinámica (procesos que actúan en el desarrollo de la forma) por ejemplo movimientos en masa y erosión.

Estas definiciones describen los rasgos de un relieve, si es alto o bajo, si es ondulado o quebrado, que porción de suelo recubre la superficie, que procesos erosivos presenta la superficie en un área de estudio

4.5.3. Geología estructural

Según Martínez, J. 2003. Indica que la geología estructural trata de la forma, distribución y estructura interna de las rocas, haciendo especial énfasis en los procesos que intervienen en su deformación tanto a pequeña como a mediana escala, así como la descripción de las rocas y los procesos que tienen lugar en la corteza terrestre[15].

Las Estructuras Geológicas, por su parte, son los rasgos físico-geométricos mayores que presentan las rocas, sedimentos y suelos. Incluye deformaciones como los pliegues, así como los planos de estratificación, discordancias, diaclasas, fallas, entre otros.

Las estructuras indican las condiciones de formación de las rocas, sedimentos o suelos, así como los cambios físicos posteriores que los han afectado[16]. Entre dichas estructuras que podemos encontrar en el campo tenemos:

- **Falla geológica,** entendida como una discontinuidad que se forma por fractura en las rocas superficiales de la Tierra (hasta unos 200 km de profundidad) cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de un deslizamiento de las rocas tangencial a este plano.

[15] MARTÍNEZ J. Geología Estructural y Dinámica Global. 2003.
[16] Oyarzun J. Léxico sobre procesos y estructuras geológicas. 2009

- **Falla inversa,** que son fallas que se generan por compresión. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30º respecto a la horizontal. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque de piso. Cuando las fallas inversas presentan un manteo inferior a 45º, estas se denominan cabalgamiento.

- **Falla normal.-** Este tipo de fallas se generan por tracción. El movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60º respecto a la horizontal. El bloque que se desliza hacia abajo se le denomina bloque de techo, mientras que el que se levanta se llama bloque de piso.

- **Diaclasas.-** Son fracturas no visibles a simple vista. La diferencia entre falla y diaclasa reside en la escala de observación, ya que una falla a escala local puede resultar una diaclasa a escala regional.

- **Pliegues.-** Son estructuras de deformación, producto generalmente de esfuerzos compresivos. Se producen cuando las rocas se pliegan en condiciones de presión y temperatura altas, lo que les confiere la ductilidad necesaria para que se generen los pliegues.

- **Fractura.-** Una fractura tectónica también llamada litoclasa, es una grieta del terreno producida por fuerzas tectónicas. Muchas fracturas se deben a que el terreno carecía de la necesaria flexibilidad para plegarse al ser sometido a empujes laterales.

  En las fracturas simples o diaclasas, los dos bordes conservan, uno frente a otro, sus posiciones respectivas.

4.6. Factores Condicionantes y Desencadenantes que inciden en los deslizamientos

4.6.1. Factores Condicionantes (intrínsecos)

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

- **Geológicos,** que representan un factor de inestabilidad permanente ya sea considerando la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).

- **Hidrológicos e hidrogeológicos** cambio en las presiones de poros o hidrostáticas y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, entre otros).

- **Geomorfológicos** áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular, análisis morfométrico.

4.6.2. Factores Desencadenantes (externos)

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

- **Naturales**: las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.

  Según Suarez, J. 2009. Indica que atendiendo al factor hidrológico se debe considerar Aumento de peso por aumento de humedad, Infiltración relacionada con las lluvias, Infiltración en canales, cuerpos de agua e irrigación. Infiltraciones concentradas. Los niveles freáticos. Aumento de la presión de poros. Presión de agua en grietas, expansión y contracción por cambio de humedad, disolución, desintegración de las arcillas sensitivas, avado interno (Leaching), erosión superficial.[17]

- **Antrópicos**: están la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, entre otros.

[17] Suarez Jaime, 2009: Capitulo 13 “Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo”

Según Suarez, J. (2009) detalla que entre los factores antrópicos más evidentes se encuentran: excavaciones o cortes que modifican, cortes en el pie de los taludes, los rellenos o depósitos de materiales sobre el talud, disposición de residuos, la irrigación que facilita la infiltración, las fugas de agua de las redes de servicios y el mantenimiento inadecuado de los sistemas de drenaje y subdrenaje.[18]

4.7. Sondeos Eléctricos Verticales

Se denomina Sondeo Eléctrico a una serie de determinaciones de la resistividad aparente efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción. Si el dispositivo es simétrico y permanecen fijos el centro y el azimut, se denomina Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

Figura 5. Equipo SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.
Fuente: El autor

Para la obtención de los valores de resistividad aparente, en el lugar de medición se colocan en el suelo cuatro electrodos de contacto (A, M, N y B) correspondiendo A y B al circuito de energización (o de corriente), M y N al de recepción (o de potencial), los que se disponen de acuerdo a una de las modalidades existentes, denominadas de Dipole Dipole, Pole Dipole, Pole Pole Schlumberger y de Wenner. En el caso del método Schlumberger, las determinaciones se hacen ampliando en pasos sucesivos la distancia entre A y B hasta llegar al valor final requerido.

Con el dispositivo Schlumberger los valores de resistividad aparente (ρa, en Ω.m) se calculan habitualmente mediante la siguiente fórmula:

[18] Suarez Jaime, 2009: Capitulo 13 “Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo”

$$\rho a = \frac{\pi}{4MN}(AB^2 - MN^2)\frac{\Delta V}{I}$$

En la que en la que ΔV es la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, en mV, cuando por el circuito de emisión circula una corriente I, en mA

Según Chouteau, 2001 enuncia que, El principio general de la prospección eléctrica por sondeos eléctricos verticales SEV se basa en la inyección de una corriente eléctrica I entre dos electrodos A y B, y la medida de una diferencia de potencial ΔV entre dos electrodos M y N. Se deduce la resistividad eléctrica aparente ρapp = K (ΔV/I) en ohm.m; K es el coeficiente geométrico del dispositivo, en función solamente de las distancias entre electrodos[19].

El sondeo eléctrico vertical SEV de geometría Schlumberger utilizado en este trabajo, requiere que los electrodos estén alineados y simétricos con MN << AB, como se muestra en la siguiente **figura 6**:

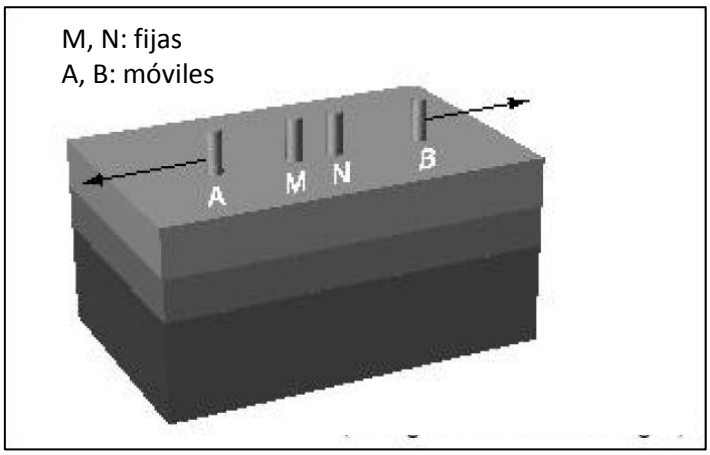


Figura 6. Principio, descripción de los sondeos eléctricos verticales SEV de geometría Schlumberger
Fuente: El autor

Según Tabbagh[20], 1995 y Gasmi[21], 2004 expresan que la interpretación cuantitativa consiste en primer lugar, en la interpretación de los diagramas ρapp = f (AB/2) de los sondeos eléctricos verticales, determinando las resistividades reales de las capas para deducir su geología.

[19] Chouteau, T., 2001: "Les Methodes Electriques, Notes de cours"
[20] Tabbagh, A., 1995: "Methodes Électriques et Electromagnetiques Appliquees a l´Archeologie"
[21] Gasmi, M., 2004: "Contribution de la Prospection Électrique a l´Étude Hydrogeologique des Aquiferes"

Los Sondeos Eléctricos Verticales también pueden ser utilizados, en conjunto, para identificar cuerpos de interés hidrogeológico y establecer direcciones de flujo de agua subterránea, espesores de unidades y geometría de cuerpos en el subsuelo.

4.8. Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)

Los primeros registros del ensayo de Penetración Estándar SPT, se remontan a inicios de la década de los 20´s con los trabajos del Coronel Chares R Gow. A finales de los años 20 y a inicio de los 30, el procedimiento fue estandarizado por Harry Mohr para finalmente ser ajustado por Karl Terzaghi en 1947.

El ensayo S.P.T. (Standard Penetration Test) consiste básicamente en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro un estrato de suelo, un toma-muestras (cuchara partida) de 30 cm. De largo, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). Él toma-muestras es golpeado bajo energía constante, con una maza en caída libre de 140 lb. (33.5 Kg.) y una altura de caída de 30 plg. (76,2 cm.) sobre la cabeza de golpeo de las barras de sondeo para que el muestreador penetre primero 6”(15 cm).

A continuación se hinca el muestreador 12” (30 cm) más. Se anota entonces el N° de golpes necesarios para cada 6” (15 cm) de carrera. Las primeras 6” de penetración, se denominan "hinca de asiento". El N° de golpes necesarios para la hinca de las restantes 12", se llama "resistencia normal a penetración (N)".

Una vez finalizada la hinca, se extrae la muestra, abriendo longitudinalmente la cuchara, se coloca en un recipiente hermético y se rotula indicando: Obra, N° de sondeo, N° de muestra, profundidad y el valor (N).

En todo momento las muestras deben estar al resguardo de heladas o el sol hasta su llegada al laboratorio para la determinación de los parámetros correspondientes.

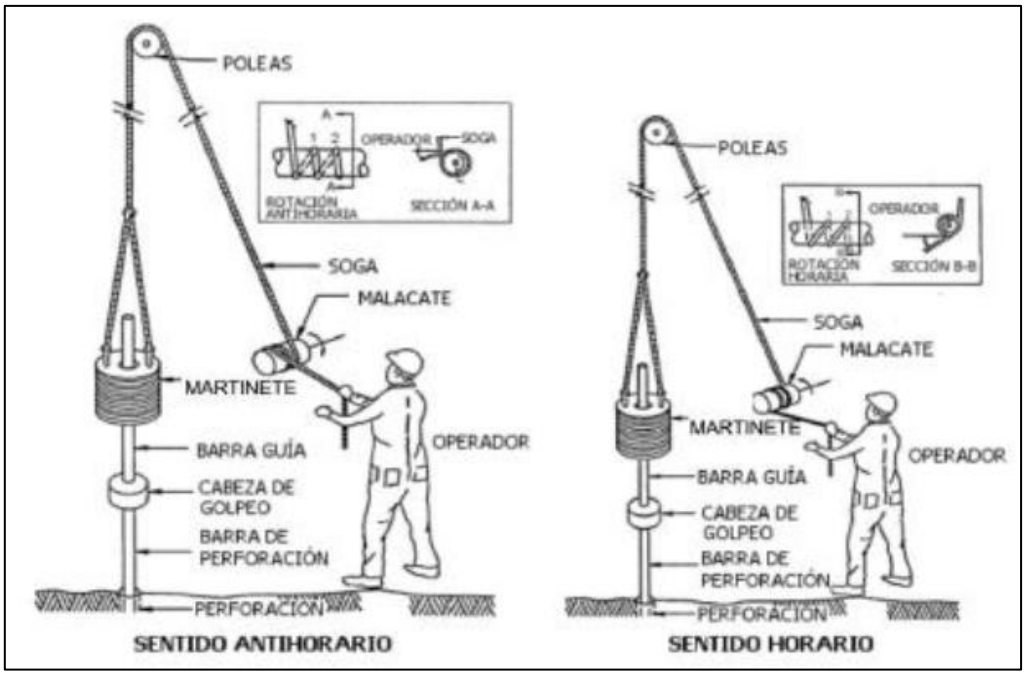


Figura 7. Procedimiento general del mecanismo manual del ensayo SPT

Fuente: (CFE, 1980 y ASTMD 1586-99)

Este ensayo se realiza en depósitos de suelo arenoso y de arcilla blanda; no es recomendable llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, debido a los daños que podría sufrir el equipo de perforación al introducirlo dentro de dichos estratos (CFE, 1980 y ASTM D 1586- 99).

Equipo

- Pesa de 140 lb. con una altura de caída de 30 plg.
- Barras y brazos de perforación
- Muestrador o tubo partido con las siguientes dimensiones:
    - Largo: 50 cm.
    - Diámetro exterior: 51 mm.
    - Diámetro interior: 35 mm.
    - Peso total: 70 N. (16 lb.).
- Trípode de carga
- Flexómetro
- Parafina sellante
- Fundas de plástico

- Tarjetas de identificación

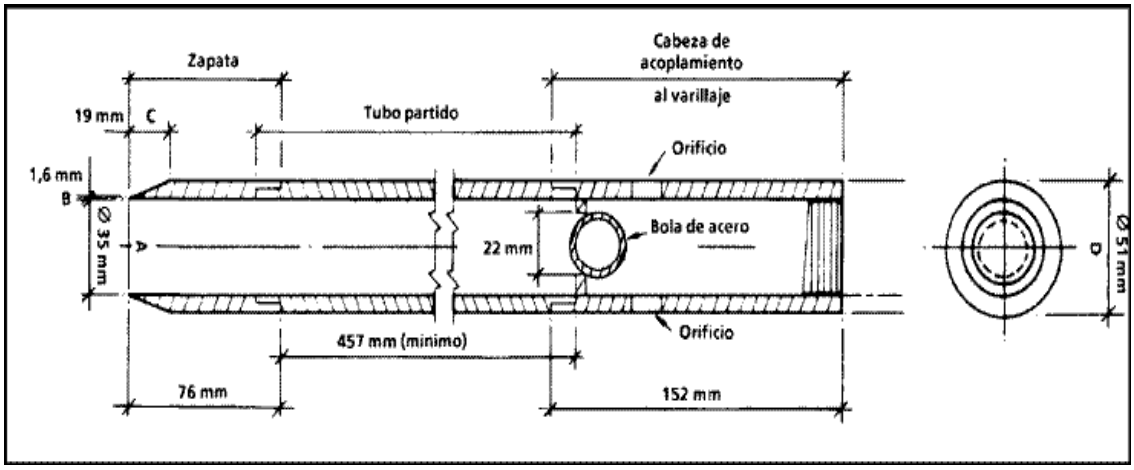


Figura 8. Diseño del tubo muestreador estándar

Fuente: (CFE, 1980 y ASTMD 1586-99)

Con la interpretación de los resultados obtenidos de esta prueba se pueden definir:

- La estratigrafía del sitio
- La compacidad relativa de los suelos granulares y la consistencia de suelos cohesivos mediante correlaciones.
- Se obtienen muestras alteradas para su uso en el laboratorio.

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Científicamente la metodología es un procedimiento general para lograr de una manera precisa el objetivo del proyecto. De ahí, que la metodología nos presenta los métodos y técnicas para la investigación. Se realizó una metodología o procedimiento ordenado para establecer lo importante de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el objetivo de la investigación.

Para el desarrollo de cada fase del proyecto requirió de la aplicación del método científico, que incluye elementos centrales del proceso de investigación como: conceptos relacionados al levantamiento topográfico – geológico, geofísica (SEV), movimientos en masa y susceptibilidad del terreno, afloramientos, compilación de datos mediante fichas técnicas, entre otros.

Según Lucini, 1973; Bosi, 1984. El procedimiento que se emplea en el método es un análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita compara documentos producidos por diferentes autores.

La metodología utilizada para conseguir los objetivos propuestos en el presente proyecto se dividieron en los pasos siguientes:

- **Recopilación de información**

Es la etapa previa, que consiste en la revisión y búsqueda de la documentación y de la cartografía disponible de la zona de estudio, y de los temas a considerar. Esta consistió en reunir la información dispersa existente sobre el tema. Se ha recurrido a los departamentos de documentación de los organismos oficiales como Ministerios, Municipios, Universidades, bibliotecas, laboratorios y publicaciones como tesis de grado, compilaciones, páginas web, entre otros.

Trabajo de campo

Es la primera etapa técnica que pretende representar la realidad físico - biológica del territorio. La clave es la elección de los elementos a representar y la definición del nivel adecuado de prospección.

También se ha cartografiado cada uno de los elementos inventariados y la elaboración de fichas de aquellos elementos que lo requieren, localizando los datos siempre espacialmente; dejando abierta la posibilidad de complementación y posterior modificación de la información contenida en la investigación.

La recolección de datos, debe ser información pertinente que aporte a los objetivos perseguidos, relativos a temas tales como restauración, planificación o evaluación. Esta etapa es de gran importancia, donde se recopila la información de todo el contexto topográfico - geológico y de todos los factores que influyen en la susceptibilidad del terreno.

Trabajo de oficina

El producto final de la investigación es recoger la información en forma gráfica y descriptiva. Esta quedó almacenada para su utilización en etapas posteriores y elaborar un banco de datos de forma que pueda ser recuperada y utilizada en cualquier momento.

Las actividades que contempla este apartado están orientadas a clasificar, organizar y procesar la información recopilada ya sea en fuentes bibliográficas o en el trabajo ejecutado en el sector de estudio, cuyo producto se traduce en la realización de informes, análisis y evaluación de las condiciones del terreno, elaboración de cartografía, entre otras; todas estas actividades se efectuaron mediante la ejecución de programas como ArcView 3.2 y ArcGIS versión 10.1.

Materiales y Herramientas

Los materiales a utilizados para los diferentes levantamientos como la topografía, geología, geomorfología, geofísica y la recolección de muestras, interpretación de información; así como las técnicas de investigación e instrumentos, se detallan a continuación:

Materiales de Campo	Materiales de Oficina
➢ Estación móvil GPS TRIMBLE R4. ➢ Estación Total TRIMBLE S3 ➢ Estación Total TRIMBLE S6 ➢ Equipo de Resistividad Eléctrica Syscal R1 Plus ➢ Electrodos (12) ➢ Carretes de cables de 350 m. ➢ GPS ➢ Brújula Brunton ➢ Martillo Geológico ➢ Lupa ➢ Cámara Fotográfica ➢ HCL diluido al 10% ➢ Flexómetro ➢ Clavos ➢ Pintura ➢ Estacas ➢ Libreta de Campo ➢ Cinta métrica	➢ Ordenador ➢ Software: o ArcGIS versión 10.1 o ArcView 3.2 o IPI 2Win o Microsoft Office 2010 (Word y Excel) ➢ Impresora ➢ Plotter ➢ Material Bibliográfico: o Libros o Compilaciones o Páginas Web

Tabla 3. Materiales de Campo y Oficina utilizados para el desarrollo del proyecto

Fuente: El autor

5.1. Metodología

5.1.1. Metodología para el levantamiento topográfico y geológico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía integración barrial, identificando las principales características litológicas, geomorfológicas y estructurales.

Levantamiento topográfico.- Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó las estaciones totales TRIMBLE S3, S6 y la estación móvil GPS TRIMBLE R4 el área determinada fue recorrida para desarrollar el levantamiento topográfico, iniciando con la observación directa e identificando lugares estratégicos donde se colocarán las estaciones, tomando como punto de partida la Quebrada Las Pavas con coordenadas X, Y y Z: realizar

Punto 1:	X: 695861	Y: 9557587	Z: 2218
Punto 2:	X: 695863	Y: 9557580	Z: 2218

Mediante el recorrido con la base móvil se realizó el levantamiento de información como vías, casas, urbanizaciones, barrios y los terrenos donde no hay cobertura vegetal, con las estaciones totales se levantó las quebradas, cuerpos de agua, deslizamientos y el relieve cubierto por exuberante vegetación para obtener como resultado la topografía de 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial y a la vez que se tomaron puntos para la realización de los sondeos eléctricos verticales.

Una vez acabado el trabajo de campo se transfieren los datos contenidos en la memoria interna de los equipos a un computador y se ordenan utilizando el software "Microsoft Office Excel 2010", a continuación esta información se procesa en el programa "ArcGIS 10.1", con el cual se generan las curvas de nivel y se dibujan las vías, la infraestructura, drenajes, creando polígonos y poli líneas, uniendo los puntos levantados en el trabajo de campo, obteniendo el mapa topográfico, que posteriormente se utilizó para generar los mapas de Pendientes y el mapa de Uso del Suelo y Cobertura Vegetal. El mapa de pendientes se lo realizó a partir de la clasificación de Brabb 1984 ***(ver Tabla 4)*** y con las herramientas de 3D Analyst como Tin, Raster, Pendiente, Reclasificar; finalmente convertir dicho tema en archivo shape para editarlo desde el software Arc Map 10.1

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE (ÁNGULO DE INCLINACIÓN)
Muy Baja	0 a 15% (0 a 8.5 grados)
Baja	15 a 30% (8.5 a 16.7 grados)
Mediana	30 a 50% (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 45 grados)
Muy Alta	Mayor a 100% (mayor a 45 grados)

Tabla 4. Clasificación a utilizar para elaborar el mapa de pendientes
Fuente: Clasificación de pendientes (Brabb 1984)[22]

Levantamiento geológico.- La descripción de la geología del área de estudio se realizó, con información de campo recogiendo datos observados en el terreno y medidos in situ, con la utilización de un GPS se ubicaron los diferentes afloramientos y llenados en la ficha de descripción de afloramientos ***(ver Anexo 1. Ficha 1)*** y para el inventario de deslizamientos con otra ficha ***(ver Anexo 2. Ficha 2)***; con la utilización de la brújula se determinaron los elementos estructurales (rumbo y buzamiento, dirección del buzamiento y presencia de contactos), además se realizó la descripción de sus diferentes características como: color, granulometría, orientación, buzamiento, grado de humedad, potencia, grado de meteorización, entre otros.

Con el levantamiento geológico se elaboró el mapa geológico; en éste se representó las características geológicas del sector a una determinada escala. Los afloramientos analizados con sus respectivas características y medidas estructurales, se ubicaron sobre la topografía del área de estudio estos datos son ingresados al software ArcMap 10.1 y con la herramienta "editor" se delimitó las formaciones geológicas encontradas en el sector de estudio.

La geomorfología del área de estudio fue realizada mediante un raster para generar un mapa de Índices de Posición Topográfica (TPI) con radios de 25, 50, 100 m, generados en Arc View 3.2, mostrándose líneas de quiebre y curvaturas de terreno que sirven para delimitar las geoformas, el resultado fue pasado al software ArcGIS 10.1, donde se creó campos de: Unidad Genética, Unidad Morfológica, Forma de Relieve, Litología y Pendiente, además que se dibujó las geoformas del terreno.

[22] BRABB, E.E. "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". Proceedings of the Fourth International Symposium on Landslides, Canadian Geotechnical Society, 1984.

Para dar los nombres y la descripción a cada una de las geoformas se necesitó disponer de la siguiente información:

a) Forma de la vertiente

Se refiere a la forma de la vertiente o ladera, lo cual es necesario para deducir la litología y proveer mayor información. Entre las formas de la vertiente se tiene las siguientes:

Forma de la vertiente	
Tipo	**Cod**
Rectilínea	1
Convexa	2
Cóncava	3
Irregular	4
Mixta	5

Tabla 5. Categorías de forma de la vertiente

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

a) Morfometría

Según Pedraza Gilsanz, 1996, Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno.

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

- **Pendiente**

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal, el cual esta expresado en porcentaje.

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

Tabla 6. Categorías de pendientes

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

- **Desnivel relativo**

Corresponde a la altura existente entre la parte más baja y la más alta del relieve.

Tipo	Cod
0 a 5 m	1
5 a 15 m	2
15 a 25 m	3
25 a 50 m	4
50 a 100 m	5
100 a 200 m	6
200 a 300 m	7
> a 300 m	8

Tabla 7. Categorías de desnivel relativo

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

- **Longitud de la vertiente**

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tipo	Descripción	Cód
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

Tabla 8. Categorías de longitud de la vertiente

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

- **Fondo de valle**

Se refiere a las formas que tiene la corteza terrestre, la cual determina principalmente el tipo de erosión generada en el sector.

Tipo	Cód
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca

Tabla 9. Categorías de fondo de valle

Fuente: Ficha de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012.

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

Cada una de las unidades morfológicas está representada desde su génesis, entre las categorías de forma del relieve según su origen se tiene en la **tabla 10**:

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Deposicional	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como: agua, hielo, viento.
Denudativo	Grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre, en este contexto el principal proceso como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas por acción de la gravedad en combinación con el transporte de aguas.
Formas estructurales	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Formas estructurales y fluvio erosional	Incluyen geoformas montañosas y colinadas cuya altura y formas se deben al plegamiento de rocas superiores de la corteza terrestre y que aún se conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por los procesos de denudación.
Formas de origen fluvial	Son ocasionadas por transporte del agua, siendo estas un medio de acarreo, el proceso de sedimentación aluvial o fluvial, tiene como agente al agua de escorrentía, corrientes fluviales, cuyo trabajo incluye tres actividades :erosión, transporte y sedimentación

Tabla 10. Formas de relieve según su origen

Fuente: Base conceptual de la cartografía y de movimientos en masa por tipo - CLIRSEN, 2012.

5.1.2. Metodología de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), las características litológicas como potencias y tipos de rocas y presencia de agua en el subsuelo.

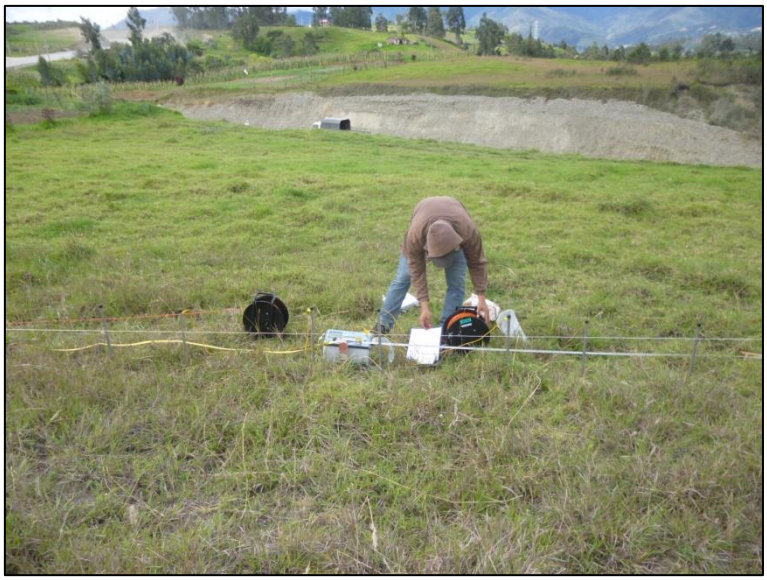
Mediante los Sondeos Eléctricos Verticales SEV se pretende ver la resistividad geoeléctrica de los materiales en zonas donde aún no se cuenta con obras civiles y a través de estas resistividades determinar las potencias de los materiales y relacionar la profundidad a la que se encuentra el nivel de agua que podría estar afectando a la estabilidad de materiales.

Con el equipo de Resistividad Eléctrica Syscal Junior R1 Plus se realizó los sondeos eléctricos verticales aplicando el método de sondeo Schlumberger, que posteriormente se procesó mediante el programa IPI 2Win. 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. A continuación se describen los pasos para el Sondeo Eléctrico Vertical:

a. Se eligió el lugar de sondeo de acuerdo a las características topográficas del lugar ya que se debe de considerar una abertura de carretes.

b. Ubicar el punto central de SEV y del arreglo para asegurar su linealidad

c. Se midieron hacia ambos lados del arreglo las distancias en las que se ubicaron los electrodos de potencial M y N. Estas distancias son 0.2, 0.5 y 2 metros comenzando del centro del SEV, mediante la cinta métrica, como se ve en la **fotografía 1**.



Fotografía 1. Arreglo Schlumberger

Fuente: El autor

d. Luego se llenó los datos generales que piden en el formato del equipo Syscal Junior R1 Plus (Standard & Switch, Versión 48-72).

e. Se procedió a la toma de datos conforme a la distancia AB/2, configurando el aparato para que nos diera 4 repeticiones de datos.

f. Se anotaron los datos proporcionados por el dispositivo en el formato de registro, que se observa en el **anexo 3.**

g. Inmediatamente después de anotar los datos, se graficaban los datos de resistividad aparente contra la distancia AB/2 para observar el comportamiento de los materiales a la resistividad.

5.1.3. Metodología para la elaboración del mapa de zonas susceptibles a deslizamiento en base a mapas temáticos.

En la elaboración del mapa de susceptibilidad se aplicó el método de valor esperado. El cual se aplicó a las condiciones intrínsecas y biológicas. Para elaborar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos se recopila la información base con la que se va a trabajar, para ello se empezó por clasificar las diferentes variables y los elementos que las componen en dos tipos de condiciones.

La primera condición, llamada intrínseca, contempla la geomorfología, la geología y las pendientes y una segunda condición es la biofísica formada por el uso actual del suelo.

La información recopilada, se procesó e integró mediante el programa ArcGIS versión 10.1, a través de este programa se elaboró los mapas temáticos para la zonificación de susceptibilidad, la misma que requiere la superposición de los siguientes mapas:

- Mapa de Pendientes
- Mapa Geológico
- Mapa Geomorfológico
- Mapa de Uso Actual del Suelo

De esta forma se considera que el grado o nivel de susceptibilidad es el producto de la interpolación de dichos mapas.

La asignación de pesos se aplicará a cada una de las variables a utilizar para el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Pendientes, Geología, Geomorfología, Uso Actual del Suelo), cuyos rangos varían de 1 a 5 propuesta por Sarkar y Kanungo, 2004. ***(ver Tabla 11)***.

SUSCEPTIBILIDAD	RANGO DE SUSCEPTIBILIDAD	CRITERIO
MUY ALTA	5	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
ALTA	4	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	3	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	2	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades desfavorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
MUY BAJA	1	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Tabla 11. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a deslizamientos
Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004[23]

El rango de valores se usará en los elementos de las variables, que van de 1 a 5 para identificar con facilidad el significado de la susceptibilidad creciente, es decir el valor 1 corresponde a una susceptibilidad "muy baja" con menor grado de inestabilidad y con condiciones menos favorables para que se produzcan los movimientos en masa y por el contrario el valor 5 corresponde a una susceptibilidad "muy alta" y se refiere a las condiciones más favorables para que se produzcan los movimientos en masa.

Después de haber asignado los pesos a cada uno de los elementos de las variables se utilizó la herramienta Suma Ponderada, a través de esta herramienta se pondera y combina un sin número de entradas para el análisis esperado ***(ver Tabla 12)***. Las

[23] SARKAR Y KANUNGO. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos, Cuadro tomado de la Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo. 2004

entradas serán los mapas raster de cada una de las variables, que tendrán incorporados los pesos asignados según el criterio de importancia para que se produzcan deslizamientos.

Condición Intrínseca 0.75	Condición Biofísica 0.25
Pendientes: 0.11 x 0.75 = 0.08 Geología : 0.61 x 0.75 = 0.46 Geomorfología : 0.28 x 0.75 = 0.21 0.08 + 0.46 + 0.21 = **0.75**	Uso actual del suelo: 1.00 x 0.25 = **0.25**
mapa de Susceptibilidad 0.75 + 0.25 = **1.00**	

Tabla 12. Ejemplo de la herramienta suma ponderada

Fuente. El autor.

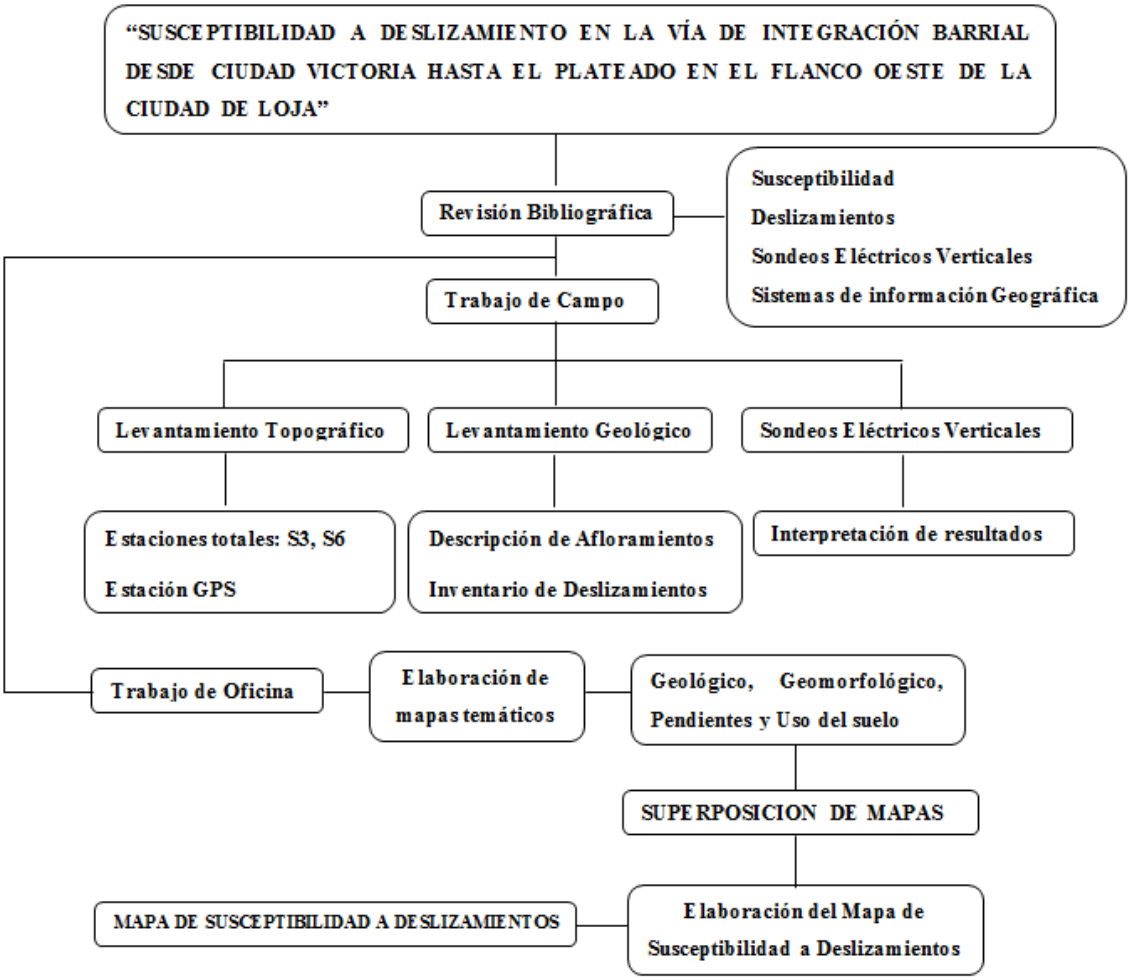
Se asignó pesos a las condiciones intrínsecas, biológicas con el número de criterio N° 2 y para las variables de la condición intrínseca con número de criterio N° 3, utilizando los criterios propuestos por Jassen y Van Herwijnen 1994, que es el método de Valor Esperado ***(ver Tabla 13)***, de acuerdo al número de mapas o entradas y a su importancia en la ocurrencia a deslizamientos, para el análisis final obteniendo el Mapa de Susceptibilidad.

Número de Criterio	**Pesos de Criterio usando el Método de Valor Esperado**					
#	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
2	0.75	0.25				
3	0.61	0.28	0.11			
4	0.52	0.27	0.15	0.06		
5	0.46	0.26	0.16	0.09	0.04	
6	0.41	0.26	0.16	0.10	0.06	0.03

Tabla 13. Pesos de criterios usando el Método de Valor Esperado

Fuente: Jassen y Van Herwijnen, 1994.

A continuación se puede observar un esquema en donde se especifican los pasos que serán considerados para la elaboración del trabajo final de tesis.



Gráfica 1. Diagrama para la elaboración del proyecto de tesis.

Fuente: El autor.

6. RESULTADOS

6.1. Ubicación

Loja es una Provincia que está situada al sur de la Sierra Ecuatoriana. Tiene una superficie de 11.026 km². Limita con las provincias de El Oro al oeste; con la provincia de Zamora Chinchipe al este; con la provincia del Azuay al norte; y al sur con la República del Perú.

El cantón Loja es uno de los 16 cantones de la provincia de Loja. El mismo que se ubica en la parte Oriental de la provincia. Tiene una extensión territorial de 1928 km^2, se encuentra a una altura que oscila entre 2100 m.s.n.m.

La población total en el cantón Loja es de 214,855 personas, la cual está distribuida en un 68 % en la zona urbana, 13% en la periferia, y 19% en las parroquias rurales[24].

Área de estudio

Se encuentra ubicada en el flanco Nor-Oeste del perímetro urbano de la Ciudad de Loja; la vía de Integración Barrial comprendido desde el tramo desde sector Ciudad Victoria hasta El Plateado (6+00 m – 7+ 500 m). El área de estudio se encuentra Parroquia Sucre ***(ver Anexo 4.*** *Mapa de Ubicación),* con coordenadas UTM de datum WGS 84 tomadas en sentido Norte – Sur en la mitad de la vía son las siguientes:

Norte;	X: 695794	Y: 9558849
Sur;	X: 695933	Y: 9557653

El acceso al área de estudio se lo puede efectuar por vía terrestre a través de la vía de integración barrial desde el sector Ciudad Victoria en sentido Sur – Norte o a su vez desde la vía a Catamayo.

6.2. Clima

La ciudad de Loja posee un clima templado - ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media de 16º C a 21ºC y una precipitación anual de 900 mm/año. A

[24] VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos.

excepción de los meses de junio y julio, meses en los que se presenta una llovizna tipo oriental, con vientos alisios.[25]

En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0.7 °C, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas llegando a 28°C, de acuerdo a los datos registrados por el INAMHI.

Según Maldonado, N. (1997) Al analizar el clima, específicamente la precipitación se considera que juegan un papel determinante en la estabilidad de los taludes. Lo que define las condiciones para los procesos de meteorización física y química es la presencia o ausencia tanto del agua como de la temperatura, por lo tanto se deduce que el clima afecta a los diferentes procesos; ya que fuerzas ejercidos en el interior de un talud cambian al modificarse las condiciones ambientales, de tal forma que las diferentes condiciones climáticas forman contornos desiguales.

Para el análisis del mapa de Susceptibilidad a deslizamientos no se ha tomado en cuenta los mapas de isoyetas e isotermas debido a que el sector de estudio cuenta con una extensión pequeña, encontrándose en un mismo rango de precipitación y temperatura.

6.3. Topografía

La topografía del sector es relativamente regular, presenta variaciones de altitudes que van desde 2190 a 2290 m s.n.m., con relieves ondulados y relieves colinados muy bajos que van desde 5% al 30% de pendiente. ***(ver Anexo 5.*** *Mapa Topográfico).*

En este mapa se pudo representar elementos como: vías, viviendas, cultivos, postes, quebradas y deslizamientos en una superficie de 75 Ha. El Mapa topográfico tiene una escala de impresión de 1:6 000, en formato A3 con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

El levantamiento topográfico sirvió como base para realizar la geología del sector de estudio en donde se pudo ubicar los puntos de afloramientos, líneas de SEV y la elaboración del mapa de pendientes a partir de las curvas de nivel.

[25] Maldonado, N. (1997) Clima y desertificación en la provincia de Loja, en Revista de Ciencias Agrícolas. Loja: Universidad Nacional de Loja.

Al determinar la topografía en el sector de estudio, se encuentra características en donde se puede establecer sectores no aptos para posibles zonas de expansión, cabe destacar que el sector en gran parte se encuentra con áreas cultivadas y poblados.

6.4. Pendientes

Se refiere al grado de inclinación que presentan las laderas, está expresado en grados. El mapa de pendientes está elaborado en base a la información en formato digital, generada a partir del mapa topográfico, en el cual se pueden distinguir cinco clases de intervalos y se clasifican en pendientes de muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.

El área de estudio presenta pendientes en un rango de 0º - 8.5º clasificada como muy baja en 42.53 Ha. que representa el 57 % de toda el área de estudio, catalogándola como terrenos planos y en un 31.45 % en un rango de 8.5º - 16.7º clasificada como pendiente baja, relacionándola como terrenos inclinados. Las pendientes media, alta y muy alta no prevalecen en el sector, la pendiente alta representada apenas con un 0.04 % ***(ver Anexo 6.*** *Mapa de Pendientes).*

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE (º)	PENDIENTE (%)	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Muy baja	0 a 8,5	0 a 15	42.53	57%
Baja	8,5 a 16,7	15 a 30	23.47	31.45%
Media	16,7 a 26,6	30 a 50	6.95	9.31%
Alta	26,6 a 45	50 a 100	1.64	2.2%
Muy alta	Más de 45	Más de 100	0.03	0.04%

Tabla 14. Clasificación de las pendientes en grados, porcentajes y hectáreas.
Fuente: El autor a partir de la clasificación de Brabb 1984.

6.5. Uso Actual del Suelo

El uso de suelo obtenido en el área de estudio, son sustentados en base a la topografía, a través de observación directa con visitas de campo, lo cual da la veracidad de lo planteado en cuanto al uso del suelo.

En el mapa de uso actual del suelo se describe: área erosionada, área recreativa, cultivos, humedales, matorrales, pastos, plantaciones, vía suelo desnudo y zona poblada.

En el sector de estudio predomina los pastos con una superficie de 36.8 Ha que representan el 48.79 %, estos son aprovechados para la ganadería y seguidamente las áreas de cultivos con una superficie de 25.31 Ha que representa el 33.55 % del sector, utilizadas para la agricultura. ***(ver Anexo 7.*** *Mapa de Uso Actual del Suelo).*

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Área erosionada	1.04	1.38
Área recreativa	0.59	0.79
Cultivos	25.31	33.55
Humedales	0.09	0.13
Matorrales	0.86	1.14
Pastos	36.80	48.79
Plantaciones	2.61	3.46
Vía suelo desnudo	5.08	6.74
Zona poblada	3.03	4.02

Tabla 15. Uso del suelo expresado en porcentaje y hectáreas

Fuente: El autor

6.6. Geología Regional

La Hoya de Loja, está formada por una secuencia sedimentaria muy variada, donde el esquema estratigráfico de depositación, se desarrollaron en dos áreas diferentes con edades similares Cenozoico (Oligoceno – Mioceno).

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).

En base al Mapa Geológico generado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja 2008; se hizo una breve descripción de las formaciones que involucran la geología regional de la Hoya de Loja, comenzando por el basamento y luego por la secuencia sedimentaria, ***(ver Anexo 8.*** *Mapa de Geología Regional).*

- **Unidad 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**

Esta formación, que es la base de la secuencia sedimentaria, aflora al lado oeste de la cuenca desde Salapa en el norte hasta la carretera (vieja) Catamayo-Loja al sur; está bien expuesta en el río Trigal y se compone de una arcillolita homogénea en su mayor parte, pero localmente, es perfectamente laminada y puede contener vetas delgadas de yeso. Los afloramientos se encuentran solamente en los ríos y valles porque están cubiertos de una extensión de material coluvial que contiene bloques de rocas metamórficas derivadas de la cordillera occidental de la cuenca que va desde el Villonaco hasta Sacana. En Carigán estos depósitos aluviales son de color gris oscuro debido a la concentración de grafito de las rocas metamórficas en el área de donde vienen, han aparecido algunos deslizamientos en las cercanías de éste lugar, probablemente por las propiedades lubricantes de los esquistos grafiticos. La naturaleza arcillosa de la Formación Trigal también refleja su capacidad de flujo, especialmente cuando está saturada de agua. Esta propiedad causa problemas de mantenimiento de la carretera (vieja) Loja-Catamayo.

La Formación Trigal buza suavemente hacia el este, debajo de la Formación San Cayetano la cual se encuentra en concordancia, pero está en discordancia sobre la Unidad Chiguinda en el lado oeste de la cuenca. En el sur, la Formación Trigal está fallada contra las rocas metamórficas, y así la carretera vieja a Catamayo pasa por un escarpado impresionante de falla debido a los fenómenos característicos de erosión diferencial entre las arcillas blancas y las rocas metamórficas resistentes.

- **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 300 m está en contacto concordante con la Formación La Banda. La edad se asume al Mioceno Inferior.

- **Formación San Cayetano**

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

- **Formación 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 dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.

- **Formación Salapa**

Las rocas volcánicas son muy limitadas en extensión y forman solamente dos afloramientos pequeños en los extremos norte y sur de la cuenca. En el sur, en el nudo de Cajanuma la roca dominante es la toba andesítica aglomerada con fragmentos de 2 a 20 cm. de diámetro. En el norte de Salapa encontramos lavas andesíticas y basálticas con toba de color púrpura y muchos aglomerados. La Formación Salapa está asentada discordantemente sobre las rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda y está sobrepuesta en el norte por la Formación Trigal y en el sur por la Formación San

Cayetano. Contiene clastos líticos y tobas ricos en vidrio (transformados a caolinita), formación más joven de edad del Plioceno.

6.7. Geología Local

A lo largo de la vía de integración barrial se puede apreciar una secuencia de rocas sedimentarias, asociadas a un ambiente de formación tipo lacustre este parámetro describe detalladamente los principales afloramientos empleados para el mapeo geológico y para el inventario de los deslizamientos. ***(ver Anexo 9.*** *Mapa Geológico del Sector de Estudio)*

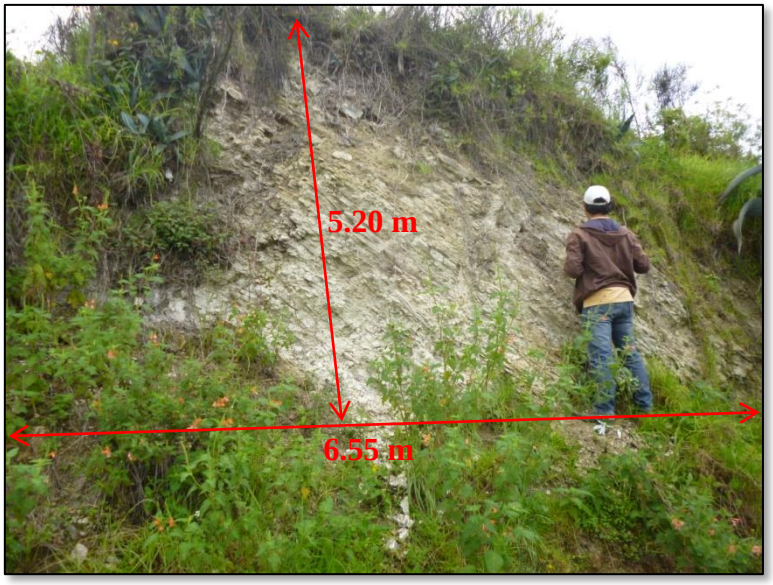
6.7.1. Descripción de Afloramientos

Este parámetro describe detalladamente los principales afloramientos empleados para el mapeo geológico, a continuación de describen 8 afloramientos del sector de estudio.

- **El afloramiento Nº**1.

Ubicado en el barrio El Plateado con coordenadas UTM: X: 695957, Y: 9558791, a una altura de 2230 m s.n.m. corresponde a estratos de lutitas carbonatadas que tienen una potencia de 4.9 m, de color café amarillento claro, con una densidad de 1.69 gr/cm^3, la textura es detrítica y la estructura estratificada y presenta fisibilidad.

Los estratos tienen un azimut de 30º, con un buzamiento de 34º. El afloramiento tiene un ancho de 6.55 m y 5.20 m de alto, sobre estos estratos yace 30 cm de suelo con cobertura herbácea.

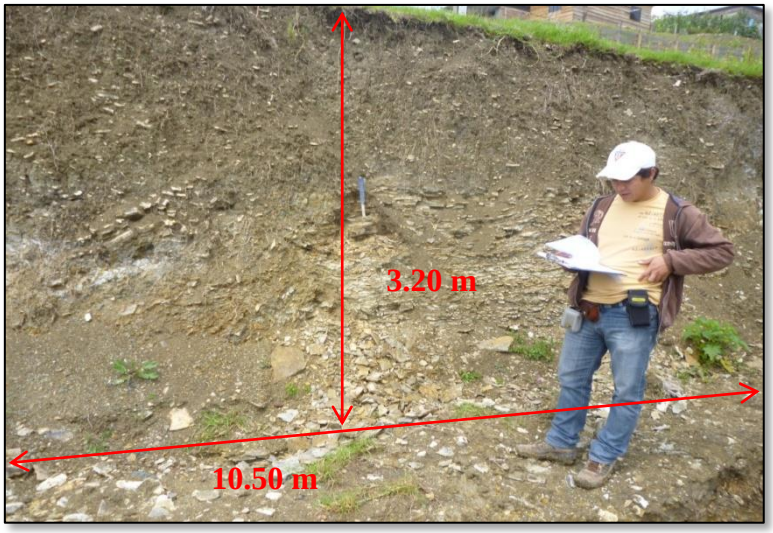


Fotografía 2. Afloramiento de lutitas carbonatadas moderadamente meteorizadas
Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº2**.

Localizado en el barrio El Plateado con coordenadas UTM: X: 695703, Y: 9558871, a una altura de 2250 m s.n.m. con dimensiones de 10 m de ancho y 3.20 m de alto. En el afloramiento se encuentran lutitas carbonatadas de color café grisáceo claro, dispuestas en láminas intercaladas con materia orgánica, de densidad de 1.69 gr/cm^3 sobre estas rocas se deposita 1 m de suelo.

La textura es clástica en cuanto a la roca se encuentra altamente meteorizada, el tamaño de los granos minerales es de arcilla menor a 0.002 mm. La estructura que presenta este afloramiento es estratificada con un azimut de 290º y buzamiento de 22º y una potencia de 2.2 m y presenta fisibilidad.



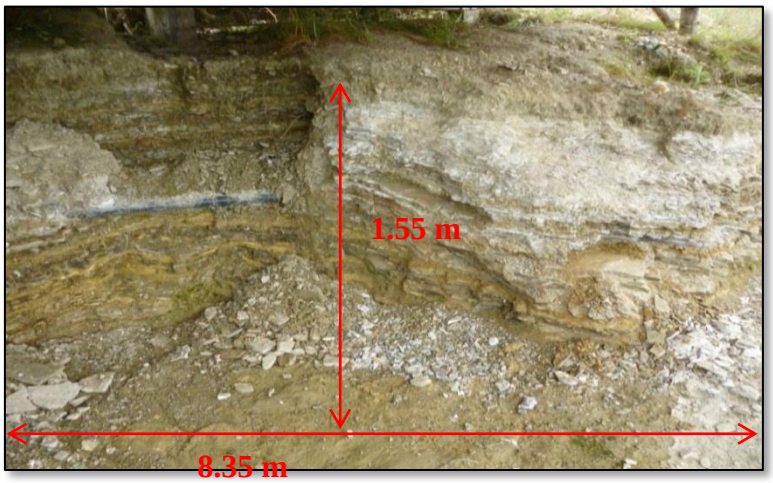
Fotografía 3. Afloramiento de lutitas carbonatadas altamente meteorizadas

Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº3**

Localizado en el barrio El Plateado con coordenadas UTM: X: 695519, Y: 9558656, a una altura de 2271 m s.n.m. se encuentran lutitas carbonatadas de color café amarillento obscuro con dimensiones de 8.35 m de ancho y 4.55 m de alto.

Se encuentran rocas altamente meteorizadas con presencia de oxidación, dispuestas en intercalaciones de estratos de 3 – 5 cm, la densidad es 1.69 gr/cm^3, su textura es clástica y su estructura estratificada con rumbo de 351º y buzamiento de 25º, este afloramiento tiene una potencia de 1.55 m y no presenta fisibilidad.



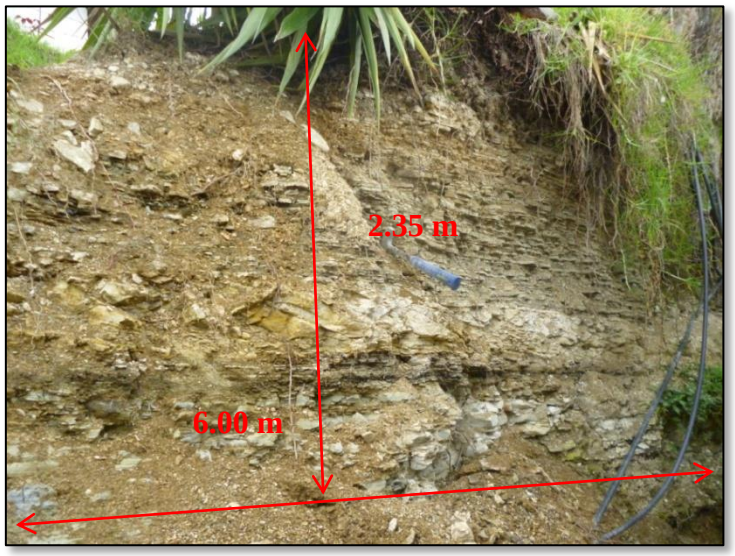
Fotografía 4. Afloramiento de lutitas carbonatadas moderadamente meteorizadas

Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº4**

Localizado en el barrio Bolonia con coordenadas UTM: X: 695594, Y: 9558174 a una altura de 2258 m s.n.m. se encuentran lutitas carbonatadas intercaladas con materia orgánica, de color café amarillento claro, el tamaño de los granos es de arcilla menor a 0.002 mm. Con una densidad de 1.69 gr/cm^3, tiene una potencia de 2.25 m y presenta fisibilidad.

Las dimensiones son 6.00 m de ancho y 2.35 m de alto. La textura es detrítica y la estructura es estratificada, se aprecia oxidaciones entre las láminas, sus estratos tienen un azimut de 345º y un buzamiento de 36º, sobres estas capas yace 10 cm de suelo y cobertura vegetal herbácea.

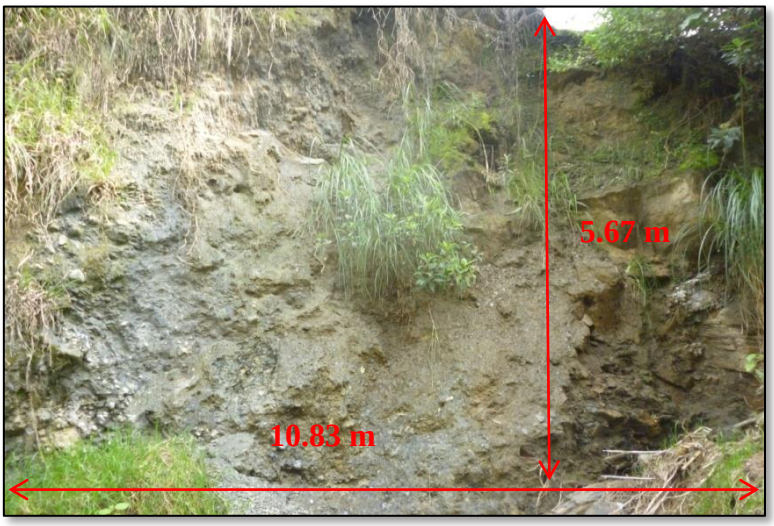


Fotografía 5. Afloramiento de lutitas carbonatadas meteorizadas con materia orgánica.
Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº5**

Localizado en el barrio Bolonia con coordenadas UTM: X: 695561, Y: 9557877 a una altura de 2228 m s.n.m. se encuentra areniscas de color de café grisáceo claro, el tamaño de los granos es grueso mayor a 2 mm, su densidad de 1.5 gr/cm^3. Las dimensiones del afloramiento son 10.33 m de ancho y 5.67 m de alto. La textura de la roca es detrítica y su estructura es estratificada, con dirección 354º y buzamiento de 64º, sobre estas rocas yace 30 cm de suelo con abundante vegetación.

Además se presencia un coluvión en casi todo el afloramiento en el cual se tiene esquistos angulosos con tamaños de 15 cm a 30 cm, evidenciándose hasta bloques mayores de 1m.

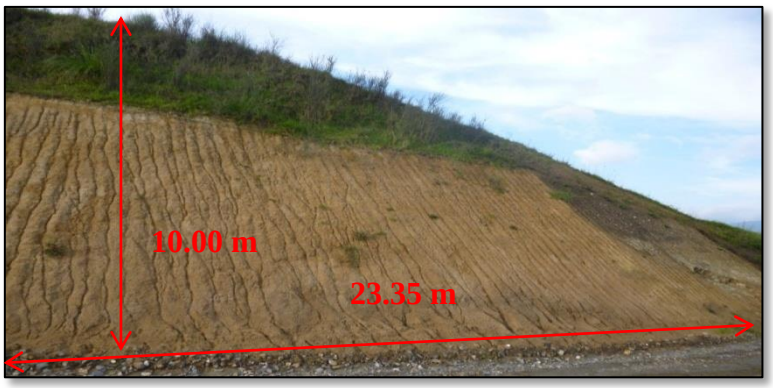


Fotografía 6. Afloramiento de areniscas en la Quebrada s/n.

Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº6**

Localizado en el barrio Bolonia con coordenadas UTM: X: 695837, Y: 9557688 a una altura de 2216 m s.n.m. se encuentra areniscas de color café amarillento claro. El tamaño de los granos es grueso mayor a 2 mm, su densidad es 1.5 gr/cm^3, presenta demarcaciones de cárcavas por causas de agua superficial. Tiene dimensiones de 23.35 m de ancho y 10.00 m de alto, su textura es detrítica y la estructura es estratificada con dirección de 19º y buzamiento de 57º, sobre estas rocas yace 10 cm de suelo y la cobertura vegetal es herbácea.



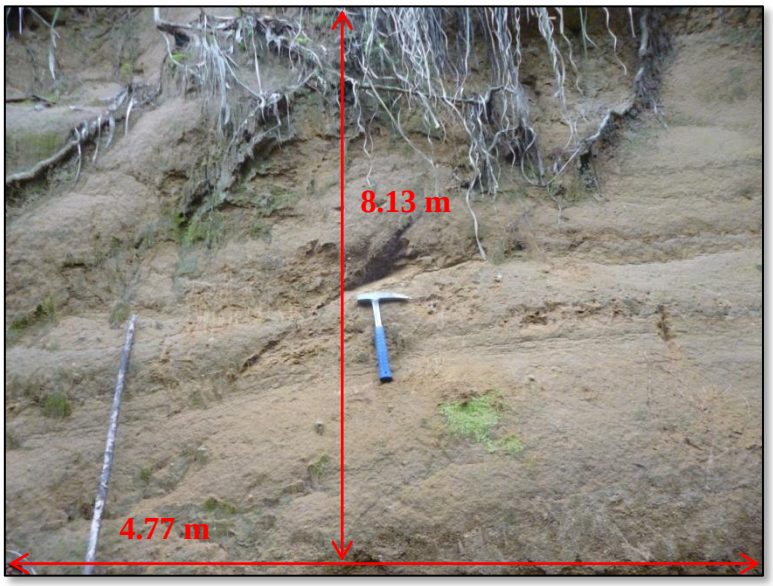
Fotografía 7. Afloramiento de areniscas con presencia de cárcavas por erosión fluvial.

Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº7**

Localizado en el barrio Bolonia con coordenadas UTM: X: 695990, Y: 9558203 a una altura de 2230 m s.n.m. se encuentra areniscas de color gris rojizo obscuro semi-consolidada con dimensiones del afloramiento de 4.77 m de ancho y 8.13 m de alto, el tamaño de los granos es grueso mayor a 2 mm, con una densidad de 1.5 gr/cm^3, al tacto se presenta terrosa. Su textura corresponde a detrítica y la textura es estratificada o deposito por capas con presencia de materia orgánica.

Los estratos tienen dirección de 325º y buzamiento de 27º, estas rocas presentan fracturas y están moderadamente meteorizadas, sobre este afloramiento se deposita 40 cm de suelo y la vegetación es arbórea.



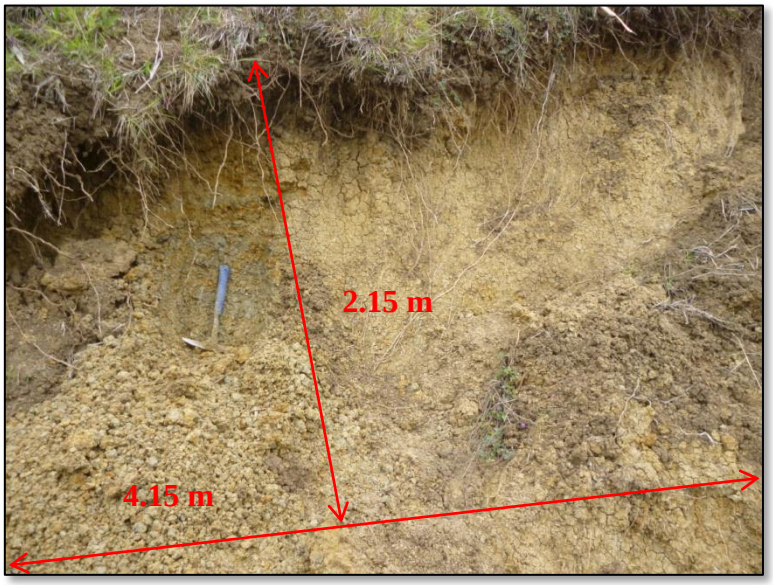
Fotografía 8. Afloramiento de areniscas de color gris.
Fuente: El autor

- **El afloramiento Nº8**

Localizado en el barrio El Plateado con coordenadas UTM: X: 696018, Y: 9558609 a una altura de 2224 m s.n.m. se encuentra areniscas de color café amarillento obscuro, el tamaño de los granos es grueso mayor a 2 mm, con una densidad de 1.5 gr/cm^3, al tacto se presenta fangosa a terrosa.

Su textura corresponde a detrítica y la textura es estratificada con presencia abundante de materia orgánica.

Las dimensiones del afloramiento son de 4.15 m de ancho y 2.15 m de alto. Los estratos tienen dirección de 320º y buzamiento de 26º, estas rocas se presentan altamente meteorizadas y fuertemente erosionadas, se deposita 27 cm de suelo y la vegetación es herbácea.



Fotografía 9. Afloramiento de areniscas de color gris a marrón con materia orgánica.
Fuente: El autor

6.7.2. Geomorfología

La geomorfología del área de estudio está constituida por un relieve regular donde existen pendientes muy bajas, bajas y medias. Las geoformas se presentan como: garganta, superficie de cuesta, relieve colinado medio, relieve colinado bajo, relieve colinado muy bajo, ladera cóncava y convexa.

En el sector se presenta un relieve denudativo, estructural y tectónico erosivo ***(ver Anexo 10.*** *Mapa Geomorfológico).* Las condiciones geomorfológicas presentes en la zona de estudio son fundamentales para el análisis de la propagación de deslizamientos; ya que mediante la geomorfología se puede determinar el origen, los procesos relacionados para su desarrollo y las propiedades de los materiales, a través del cual se puede predecir el comportamiento y el futuro estado.

Geomorfología	Área Ocupada (Ha)	Área Ocupada (%)
Encañonamiento	0.19	0.25
Garganta	5.23	6.94
Deslizamientos	0.54	0.72
Ladera cóncava	1.71	2.27
Ladera convexa	1.13	1.50
Relieve colinado muy bajo	2.13	2.83
Relieve colinado bajo	2.05	2.72
Relieve ondulado	0.25	0.33
Superficie de cuesta	61.47	81.62
Talud de vía	0.61	0.81

Tabla 16. Geomorfología y área ocupada en el sector de estudio

Fuente: El autor a partir de la fichas de fotointerpretación geomorfológica – CLIRSEN, 2012

6.7.3. Inventario de deslizamientos

Se identificó seis deslizamientos *(**ver Anexo 11.** Mapa de deslizamientos)*, los mismos que presentan las siguientes características.

- **Deslizamiento 1 (DLR1)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695781, Y: 9557741, Z: 2220.

Fotografía 10. Deslizamiento 1 (DLR1).

Fuente: El autor

Actividad del movimiento

El movimiento se encuentra inactivo, la distribución del movimiento es retrogresivo con estilo sencillo. Este deslizamiento es de tipo rotacional de acuerdo al tipo de clasificación por mecanismo de rotura.

Litología

De acuerdo a la litología corresponde a areniscas de color café amarillento claro, el material deslizado se constituye en un 80% por detritos y el otro 20% por suelo. Este movimiento presenta una humedad de mojado.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 8.64 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 47º. La dirección movimiento es NE con azimut de 346º. El ancho de la masa desplazada es de 25.35 m, el ancho de la superficie de falla es 13.7 m, la longitud de la masa desplazada es de 12.61 m, la longitud de superficie de falla es 6.8 m, la profundidad de la masa desplazada es 1.6 m, la profundidad de la superficie de falla es de 2 m, teniendo una longitud total del movimiento de 15 m, como se observa en la figura 9. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

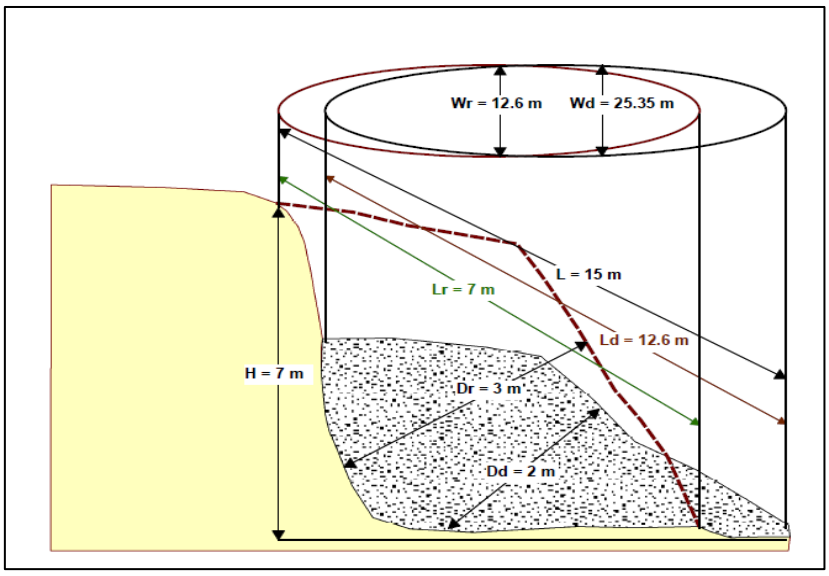


Figura 9. Dimensiones del deslizamiento 1.

Fuente: El autor

Causas del movimiento

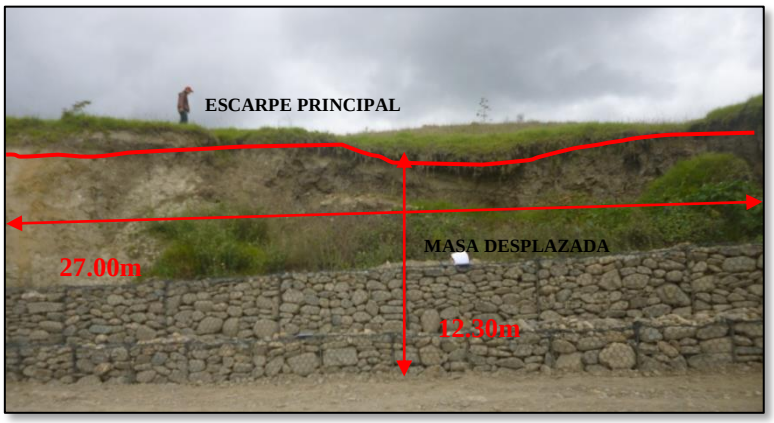
El material esta meteorizado físicamente, es colapsable y presenta pendiente abrupta de 47°. En cuanto a los factores desencadenantes posee, modificación original del terreno, riego y las vibraciones artificiales tales como tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria.

Daño y apreciación del riesgo

Una de las consecuencias de este movimiento es daños leves a la vía, pero en caso de que este deslizamiento se ampliara se pondría en peligro la vivienda que está cerca del mismo.

- **Deslizamiento 2 (DLR2)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695812, Y: 9557677, Z: 2218.



Fotografía 11. Deslizamiento 2 (DLR2).
Fuente: El autor

Actividad del movimiento

Este deslizamiento es de tipo rotacional de acuerdo al tipo de clasificación por mecanismo de rotura, de evento sencillo. El estado movimiento es inactivo, la distribución del movimiento es retrogresivo.

Litología y clasificación del movimiento

La litología corresponde a areniscas de color café amarillento obscuro y una parte de lutitas carbonatadas, el material deslizado se constituye en un 10 % de roca, 70% por detritos y el otro 20% por suelo. En este movimiento presenta una humedad de muy mojado.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 6.30 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 47º. La dirección movimiento es NE con azimut de 294º. El ancho de la masa desplazada es de 32.70 m, el ancho de la superficie de falla es 25.78 m, la longitud de la masa desplazada es de 15.00 m, la longitud de superficie de falla es 13.13 m, la profundidad de la masa desplazada es 1.73 m, la profundidad de la superficie de falla es de 2.55 m, teniendo una longitud total del movimiento de 17.00 m, como se observa en la figura 10. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

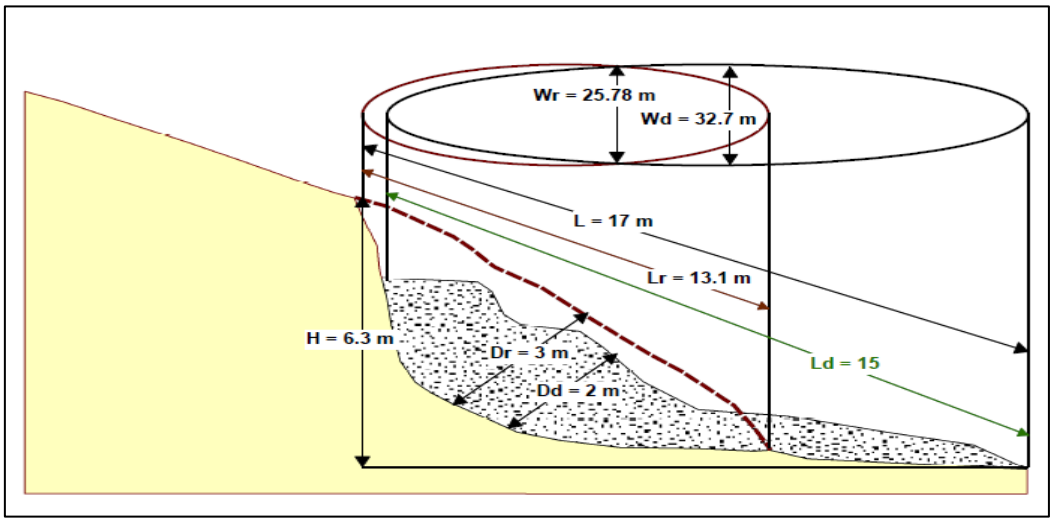


Figura 10. Dimensiones del deslizamiento 2.

Fuente: El autor

Causas del movimiento

Principalmente presenta material meteorizado físicamente, fisurado y pendiente abrupta de 47°, como factores condicionantes. En cuanto a los factores detonantes se tiene modificación original del terreno, riego de cultivos y las vibraciones artificiales tales como tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria.

Daño y apreciación del riesgo

Una de las consecuencias de este movimiento es daños leves a la vía, afectaciones leves a cultivos cercanos.

- **Deslizamiento 3 (DLR3)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695831, Y: 9557692, Z: 2216.

Fotografía 12. Deslizamiento 3 (DLR3).
Fuente: El autor

Actividad del movimiento

El deslizamiento es de estilo sencillo, el estado de este movimiento es inactivo, de tipo rotacional de acuerdo a la clasificación por mecanismo de rotura, la distribución del movimiento es retrogresivo.

Litología

El tipo de roca corresponde a areniscas de color café amarillento obscuro, el material deslizado se constituye en 75% por detritos y el otro 25% por suelo. En este movimiento se evidencia humedad.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 11.30 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 47º. La dirección movimiento es SW con azimut de 159º. El ancho de la masa desplazada es de 30 m, el ancho de la superficie de falla es 28.42 m, la longitud de la masa desplazada es de 19 m, la longitud de superficie de falla es 17.47 m, la

profundidad de la masa desplazada es 1.15 m, la profundidad de la superficie de falla es de 2.22 m, teniendo una longitud total del movimiento de 22 m, como se observa en la figura 11. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

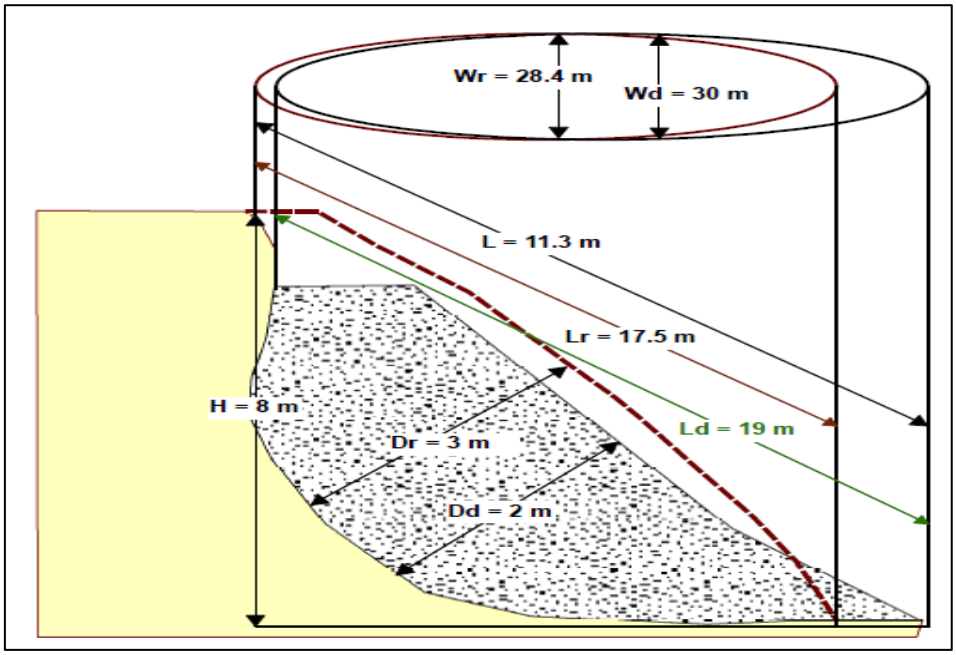


Figura 11. Dimensiones del deslizamiento 3.

Fuente: El autor

Causas del movimiento

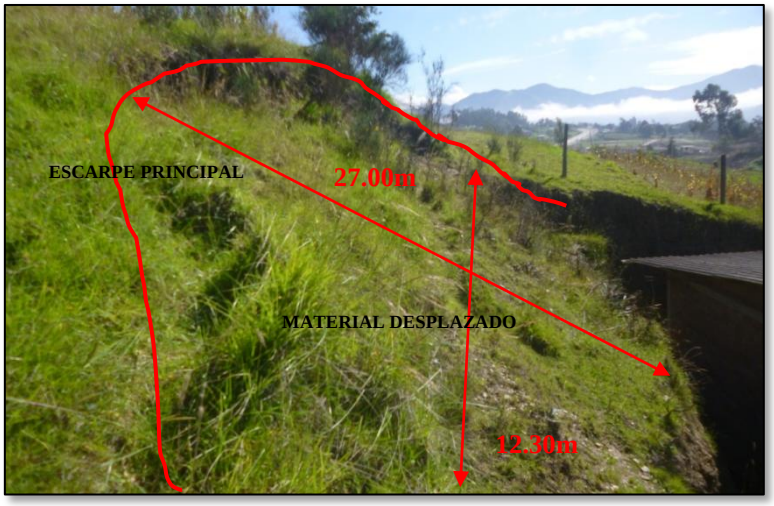
Presenta fuerte pendiente de 47°, material plástico débil, material colapsable como factores condicionantes. Los factores detonantes modificación original del terreno, la irrigación y las vibraciones artificiales tales como tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria.

Daño y apreciación del riesgo

Una de las consecuencias de este movimiento es daños leves a la vía, afectaciones leves a cultivos cercanos.

- **Deslizamiento 4 (DLR4)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695679, Y: 9558782, Z: 2242.



Fotografía 13. Deslizamiento 4 (DLR4).
Fuente: El autor

Actividad del movimiento

Este deslizamiento se encuentra activo, de evento sencillo, de acuerdo a la clasificación por mecanismo de rotura es de tipo rotacional, la distribución del movimiento es retrogresivo, conserva su masa intacta.

Litología

La litología de este deslizamiento corresponde a lutitas carbonatadas de color beige, el material deslizado se constituye en 50% de roca, 35% por detritos y el otro 15% por suelo, sus capas tienen un buzamiento de 45º. En este movimiento no presenta agua visible clasificando a la humedad como húmedo.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 10.70 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 45º. La dirección movimiento es SE con azimut de 210º.

El ancho de la masa desplazada es de 16 m, el ancho de la superficie de falla es 13.46 m, la longitud de la masa desplazada es de 14.00 m, la longitud de superficie de falla es

12.13 m, la profundidad de la masa desplazada es 2 m, la profundidad de la superficie de falla es de 2.95 m, teniendo una longitud total del movimiento de 17.00 m, como se observa en la figura 4. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

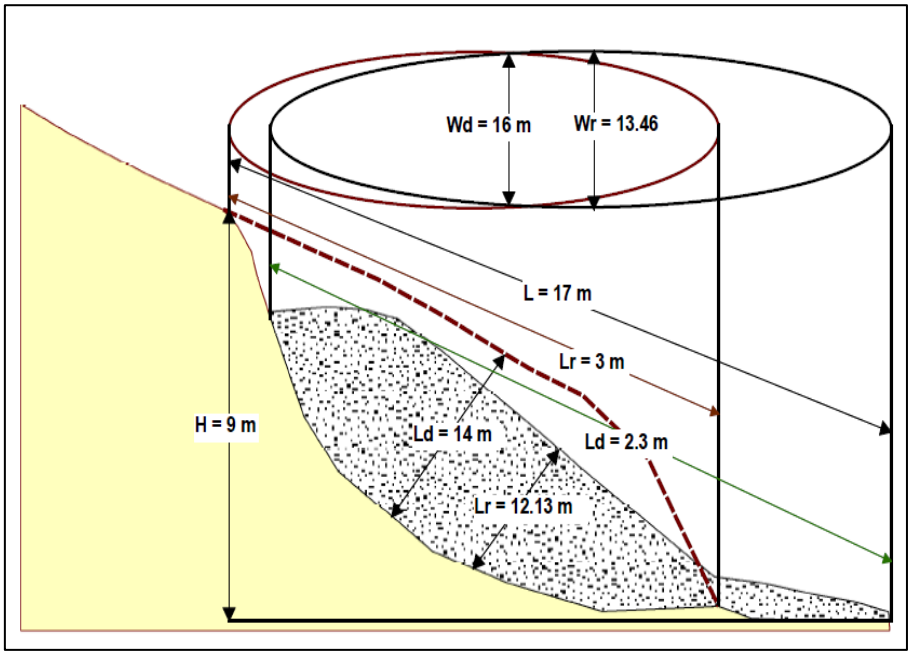


Figura 12. Dimensiones del deslizamiento 4.
Fuente: El autor

Causas del movimiento

Principalmente tenemos roca fuertemente meteorizada, fuerte pendiente, material plástico débil, material colapsable. En cuanto a los factores detonantes tenemos modificación original del terreno, la irrigación.

Cobertura y uso del suelo

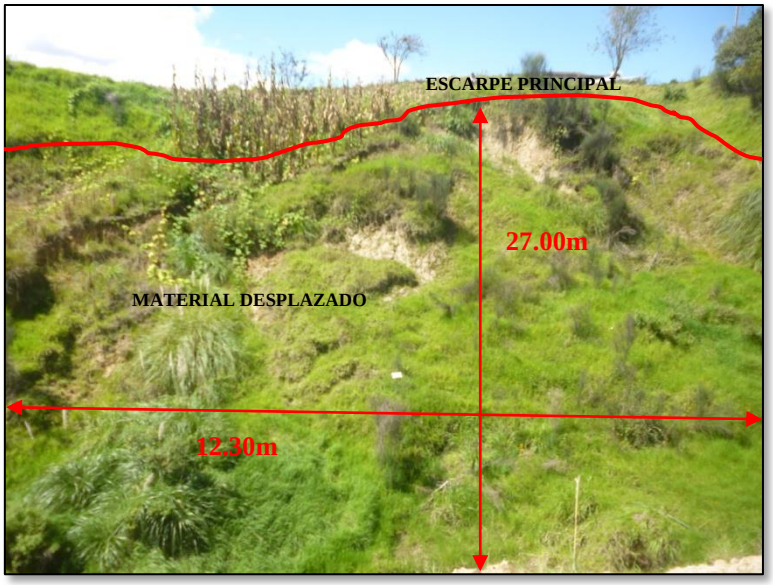
La cobertura del sector es pasto cultivado, y el uso de suelo que se tiene en esta área es pastizales y cultivos.

Daño y apreciación del riesgo

Una de las consecuencias de este movimiento es daños leves a la vía, afectaciones leves a cultivos cercanos.

- **Deslizamiento 5 (DLR5)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695570, Y: 9557692, Z: 2241.



Fotografía 14. Deslizamiento 5 (DLR5).
Fuente: El autor

Actividad del movimiento

Este deslizamiento se encuentra inactivo, de estilo compuesto, de acuerdo a la clasificación por mecanismo de rotura es de tipo rotacional, la distribución de la secuencia de repetición del movimiento es alargándose, conserva su masa intacta.

Litología

El tipo de roca corresponde a areniscas de color café amarillento, el material deslizado se constituye en 85% por detritos y el otro 15% por suelo. En este movimiento no presenta agua visible clasificando a la humedad como húmedo.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 16 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 35º. La dirección movimiento es NW con azimut de 68º.

El ancho de la masa desplazada es de 43.22 m, el ancho de la superficie de falla es 38.65 m, la longitud de la masa desplazada es de 30 m, la longitud de superficie de falla

es 25.37 m, la profundidad de la masa desplazada es 3.53 m, la profundidad de la superficie de falla es de 5 m, teniendo una longitud total del movimiento de 38 m, como se observa en la figura 5. La deformación del terreno es ondulado con una severidad leve.

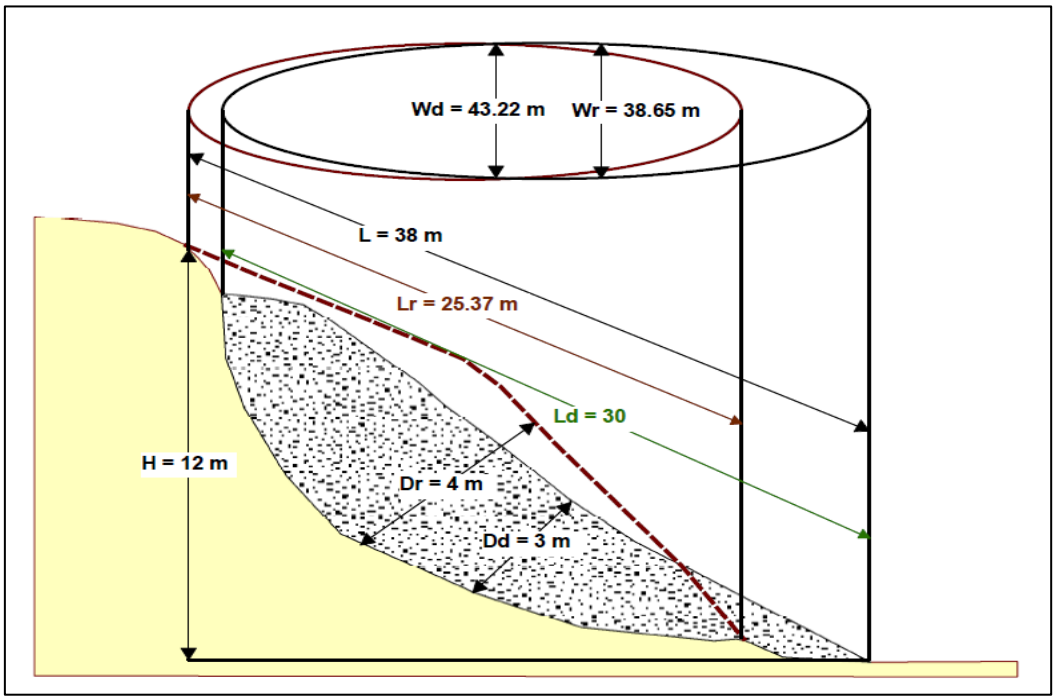


Figura 13. Dimensiones del deslizamiento 5.

Fuente: El autor

Causas del movimiento

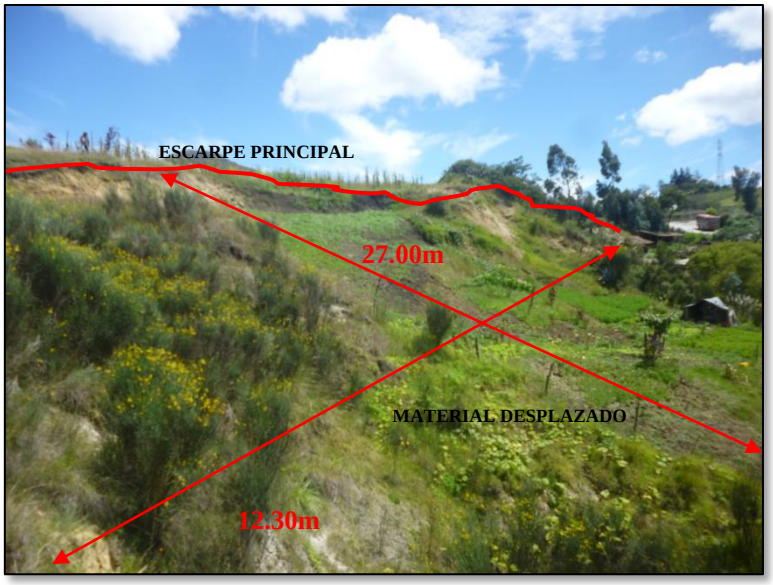
Algunos de los factores que condicionan el fenómeno de remoción de masa son el material plástico débil, material colapsable, pendiente. En cuanto a los factores detonantes se señala las intensas lluvias del periodo invernal, carga en la corona del talud, irrigación.

Daño y apreciación del riesgo

Como una de las consecuencias de este deslizamiento es daños leves a los cultivos, en caso de reactivarse dicho movimiento puede ser dañada las viviendas que se encuentran cercanas al talud, esto en el caso de ensancharse el fenómeno de remoción de masa.

- **Deslizamiento 6 (DLR6)**

Ubicado en las coordenadas UTM: X: 695880, Y: 9557790, Z: 2230.



Fotografía 15. Deslizamiento 6 (DLR6).
Fuente: El autor

Actividad del movimiento

Posee una descripción de estado de actividad inactivo, de estilo compuesto, la distribución de la secuencia de repetición del movimiento es alargándose, conserva su masa intacta y de acuerdo a la clasificación por mecanismo de rotura es de tipo rotacional.

Litología

La litología corresponde a areniscas de color café amarillento, suelo arcilloso de color gris y materia orgánica, el material deslizado se constituye en 60% por detritos y el otro 40% por suelo. El origen del suelo es de carácter residual. En este movimiento no presenta agua visible clasificando a la humedad como húmedo.

Morfometría

La altura de la corona a la punta es de 21 m, la pendiente de la ladera pre-falla es de 32º. La dirección movimiento es NE con azimut de 332º.

El ancho de la masa desplazada es de 101.08 m, el ancho de la superficie de falla es 93 m, la longitud de la masa desplazada es de 52.87 m, la longitud de superficie de falla es 49 m, la profundidad de la masa desplazada es 28 m, la profundidad de la superficie de falla es de 35 m, teniendo una longitud total del movimiento de 59.68 m, como se observa en la **figura**. La deformación del terreno es escalonamiento severo.

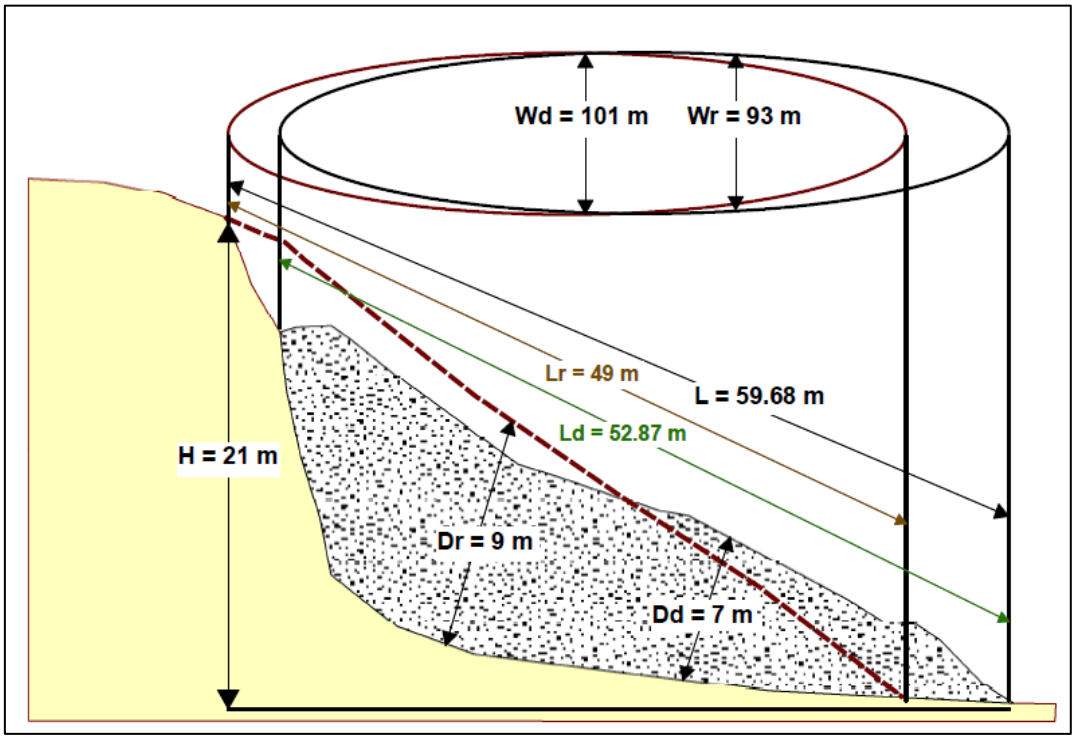


Figura 14. Dimensiones del deslizamiento 6.

Fuente: El autor

Causas del movimiento

Los factores condicionantes de este fenómeno de remoción de masa son el material plástico débil, material colapsable, pendiente. Con respecto a los factores detonantes se señala las intensas lluvias del periodo invernal, alta irrigación tanto en la maza desplazada como en la parte alta de la corona.

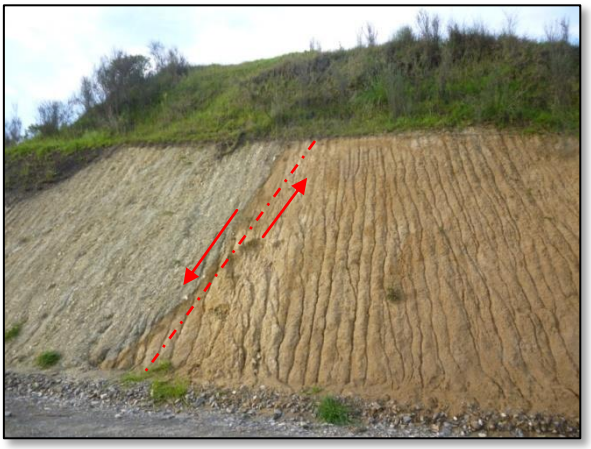
Daño y apreciación del riesgo

Las consecuencias de este deslizamiento es daños severos a los cultivos y viviendas que están sobre la masa desplazada, al reactivarse dicho movimiento el grado de afectación será alta.

6.8. Geología Estructural

En el área de estudio existe una falla categorizada como inversa con buzamiento de 57º y un azimut de 1º, la misma que está ubicada geográficamente dentro de las coordenadas (UTM: X: 695846, Y: 9557684, Z: 2238), justo al margen de la vía de Integración Barrial.

Litológicamente está constituida por lutitas alteradas de color beige, y seguidamente con areniscas, como se observa en la fotografía.



Fotografía 16. Afloramiento con una falla inversa.
Fuente: El autor

6.9. Interpretación de los sondeos Eléctricos Verticales – SEV

Se interpretaron 6 líneas de sondeos eléctricos verticales ***(ver Anexo 9.*** *Mapa Geológico, Ubicación de las líneas SEV),* después de introducir y procesar de los datos, los resultados de los sondeos realizados se proyectan sobre un diagrama bilogarítmico de tipo resistividad, en función de la distancia AB/2. El tratamiento de los datos y la modelización, se realizaron con el programa IPI 2Win.

Para la interpretación de los sondeos eléctricos verticales se utilizaron las tablas de resistividades en Ω.m, las cuales se las puede observar en el **Anexo 13**, a continuación se describen cada una de las líneas:

- **Descripción de la línea 1.**

Ubicada en el barrio Bolonia con coordenadas X: 695776, Y: 9557679, Z: 2230. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 31.60 m. con un total de 14 lecturas.

Nº	AB/2	MN/2	Rho(ohm-m)
1	1	0.2	9.43
2	1.47	0.2	9.76
3	2.15	0.2	9.9
4	3.16	0.2	9.85
5	4.64	0.2	10.07
6	4.64	0.5	9.74
7	6.81	0.5	9.46
8	6.81	0.2	9.87
9	10	0.5	7.71
10	14.7	0.5	0.04
11	14.7	2	6.27
12	21.5	0.5	0
13	21.5	2	5.43
14	31.6	2	0

Tabla 17. Datos obtenidos en el campo (Línea 1).

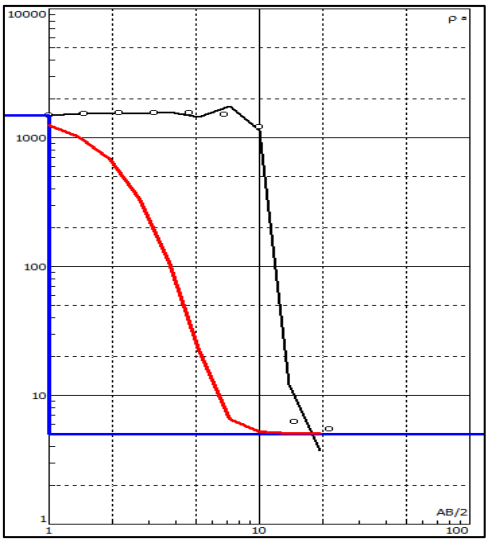
Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa IPI 2Win, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:

N	ρ	h	d	Alt
1	1485	1	1	-1
2	5.07			

Figura 15. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 2. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

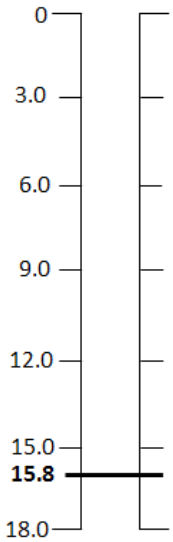
	El tipo de roca presente corresponde a rocas sedimentarias no consolidadas, en el primer estrato se tiene arenisca con una resistividad de 9.43 a 9.87 Ω.m, a una profundidad de 3.4 m. A los 10.71 m de profundidad se asume la presencia de agua, interpretando que la arenisca está saturada con una resistividad de 7.71 Ω.m. Seguidamente se evidencia un posible nivel freático a una profundidad de 15.8 m con una resistividad igual a 0.0 Ω.m.

Tabla 18. Interpretación de la Línea SEV 1.

Fuente: El Autor.

- **Descripción de la línea 2.**

Ubicada en el barrio Bolonia con coordenadas X: 695974, Y: 9557863, Z: 2198. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 21.50 m. con un total de 13 lecturas.

Nº	AB/2	MN	Rho
1	1	0.2	15.31
2	1.47	0.2	14.58
3	2.15	0.2	11.92
4	3.16	0.2	6.92
5	4.64	0.2	6.96
6	4.64	0.5	7.68
7	6.81	0.5	6.49
8	6.81	0.2	5.94
9	10	0.5	5.28
10	14.7	0.5	5.33
11	14.7	2	5.73
12	21.5	2	5.77
13	21.5	0.5	5.38

Tabla 19. Datos obtenidos en el campo (Línea 2).

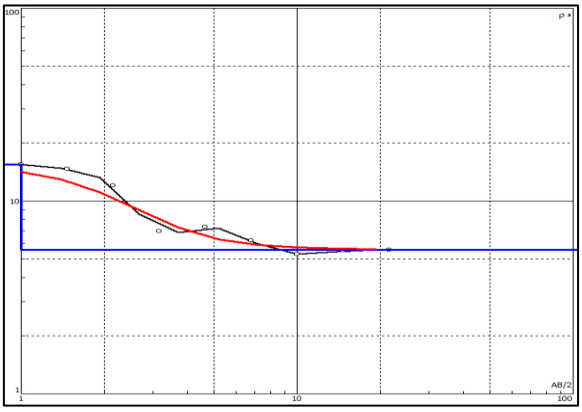
Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

En el programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:

N	ρ	h	d
1	15.4	1	1
2	5.57		

Figura 16. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 3. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

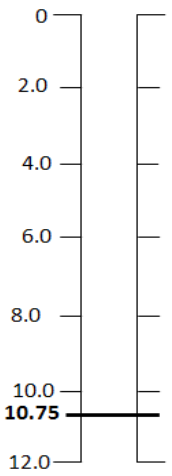
	Este sondeo tiene una profundidad máxima de 10.75 m, el mismo que presenta en el primer metro de profundidad una resistividad que va de 15.31 a 11.92 Ω.m correspondiente a areniscas. La segunda capa está constituida de areniscas saturadas con una resistividad aparente de 5.94 a 5.38 Ω.m a una profundidad de 10.75 m.

Tabla 20. Interpretación de la Línea SEV 2.

Fuente: El Autor.

- **Descripción de la línea 3.**

Ubicada en el barrio Bolonia con coordenadas X: 695765, Y: 9558115, Z: 2220. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 46.40 m. con un total de 16 lecturas,

Nº	AB/2	MN	Rho
1	1	0.2	11.15
2	1.47	0.2	11.15
3	2.15	0.2	12.32
4	3.16	0.2	13.67
5	4.64	0.2	14.78
6	4.64	0.5	13.52
7	6.81	0.2	66.43
8	6.81	0.5	25.66
9	10	0.5	18.44
10	14.7	0.5	39.9
11	14.7	2	37.47
12	21.5	0.5	22.3
13	21.5	2	20.65
14	31.6	2	14.2
15	46.4	2	11.46
16	46.4	5	11.23

Tabla 21. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3).

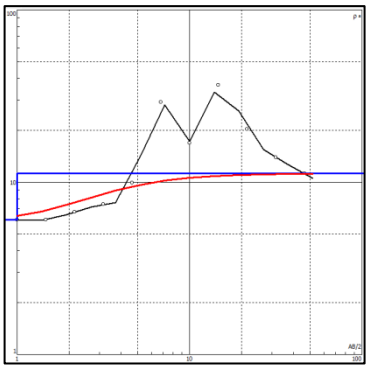
Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

En el programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:

N	ρ	h	d	Alt
1	6.06	1	1	-1
2	11.2			

Figura 17. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 4. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

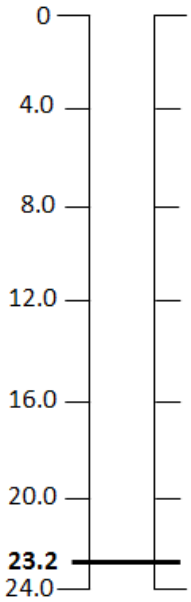
	En este sondeo se tiene rocas sedimentarias, en los primeros 2.32 m de profundidad se tiene arenisca con una resistividad aparente de 11.15 a 13.52 Ω.m. Seguidamente se tiene una capa de 8.43 m de espesor correspondiente a coluvión presentando la resistividad más alta la misma que va desde 66.43 hasta 20.65 Ω.m a una profundidad de 10.75 m. Por último se evidencia arenisca a los 23.2 m de profundidad, donde disminuye la resistividad aparente de 14.2 a 11.23 Ω.m.

Tabla 22. Interpretación de la Línea SEV 3.

Fuente: El Autor.

- **Descripción de la línea 4.**

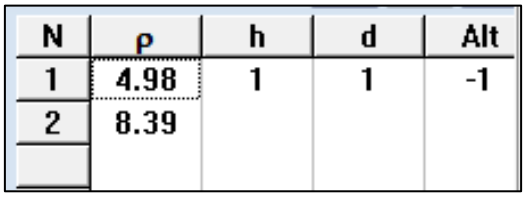
Ubicada en el barrio El Plateado con coordenadas X: 695580, Y: 9558418, Z: 2239. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 46.40 m. con un total de 16 lecturas.

Nº	AB/2	MN	Rho
1	1	0.2	5.02
2	1.47	0.2	5.25
3	2.15	0.2	5.24
4	3.16	0.2	5.64
5	4.64	0.2	5.89
6	4.64	0.5	6.34
7	6.81	0.5	7.03
8	6.81	0.2	6.53
9	10	0.5	7.94
10	14.7	0.5	9.19
11	14.7	2	8.48
12	21.5	2	9
13	21.5	0.5	9.72
14	31.6	2	8.69
15	46.4	2	8.44
16	46.4	5	8.39

Tabla 23. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4).

Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

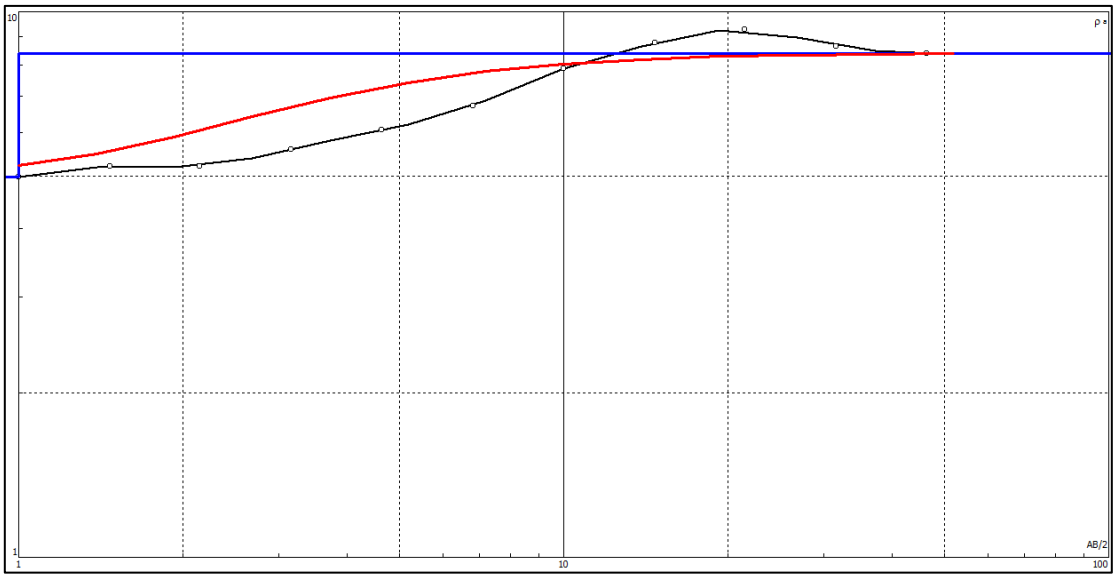
En el programa IPI2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:



N	ρ	h	d	Alt
1	4.98	1	1	-1
2	8.39			

Figura 18. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 5. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

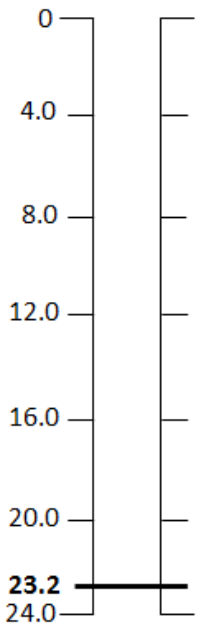
	Las resistividades de este sondeo aumentan de acuerdo a mayor profundidad teniendo así: A los 5 m de profundidad de acuerdo a la naturaleza del terreno se tiene lutitas carbonatadas saturadas presentando una resistividad aparente de 5.02 a 7.94 Ω.m. Los siguientes 13.2 m del sondeo pertenecen a lutitas competentes con una resistividad de 9.19 a 8.39 Ω.m.

Tabla 24. Interpretación de la Línea SEV 4.

Fuente: El Autor.

- **Descripción de la línea 5.**

Ubicada en el barrio El Plateado con coordenadas X: 695862, Y: 9558759, Z: 2237. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 46.40 m. con un total de 16 lecturas,

Nº	AB/2	MN	Rho
1	1	0.2	6.01
2	1.47	0.2	5.75
3	2.15	0.2	5.97
4	3.16	0.2	5.51
5	4.64	0.2	5.17
6	4.64	0.5	5.37
7	6.81	0.5	5.37
8	6.81	0.2	5.2
9	10	0.5	5.54
10	14.7	0.5	5.69
11	14.7	2	5.55
12	21.5	2	5.39
13	21.5	0.5	5.55
14	31.6	2	5.31
15	46.4	2	6.32
16	46.4	5	6.01

Tabla 25. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5).

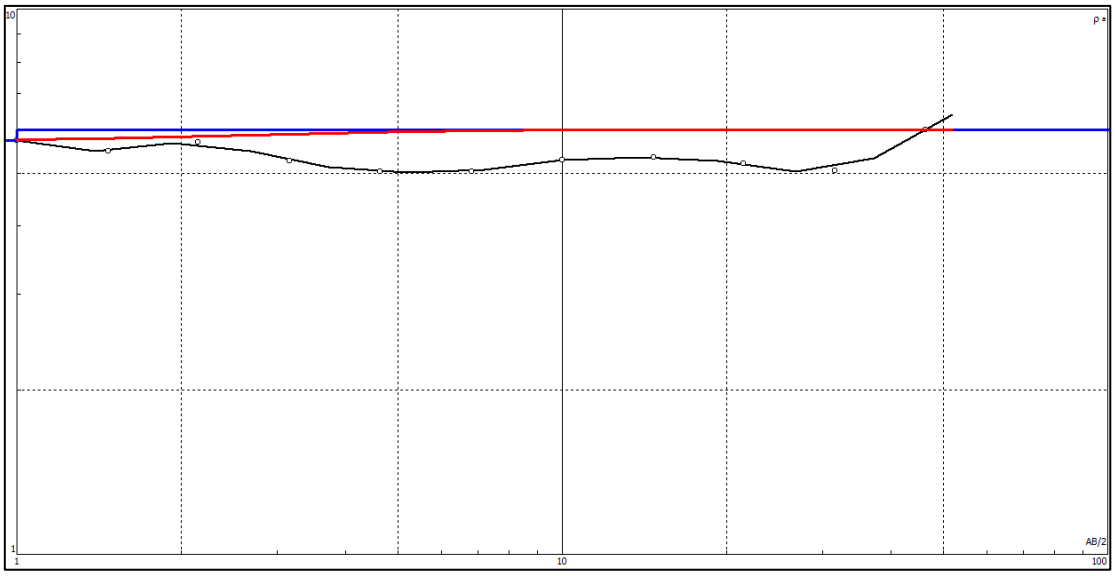
Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

En el programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:

N	ρ	h	d	Alt
1	5.74	1	1	-1
2	6.01			

Figura 19. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 6. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

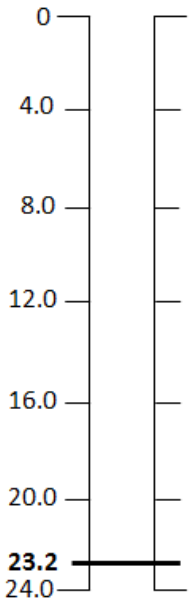
	Los primeros 50 cm del sondeo corresponden a areniscas presentando una resistividad de 6.01 Ω.m. A continuación se observa disminución de la resistividad la misma que varía entre 5.75 a 5.31 Ω.m, la cual corresponde a areniscas saturadas con un espesor de 15.3 m y una capa de arcilla a una profundidad de 15.8 m. En los siguientes 7.4 m la resistividad aumenta a 6.32 Ω.m, lo cual se interpreta es arenisca no saturada.

Tabla 26. Interpretación de la Línea SEV 5.

Fuente: El Autor.

- **Descripción de la línea 6.**

Ubicada en el barrio Bolonia con coordenadas X: 695850, Y: 9557619, Z: 2226. Esta línea tuvo una abertura AB/2 máxima de 21.50 m. con un total de 13 lecturas.

Nº	AB/2	MN	Rho
1	1	0.2	6.8
2	1.47	0.2	6.48
3	2.15	0.2	6.17
4	3.16	0.2	6.25
5	4.64	0.2	6.23
6	4.64	0.5	6.53
7	6.81	0.5	6.62
8	6.81	0.2	6.31
9	10	0.5	6.34
10	14.7	0.5	0.09
11	14.7	2	5.54
12	21.5	2	5.41
13	21.5	0.5	0

Tabla 27. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 6).

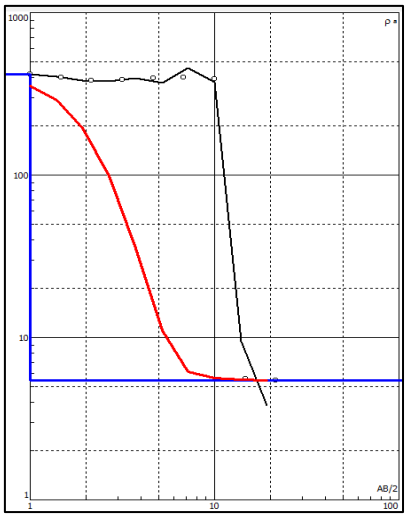
Fuente: Equipo de resistividad SYSCAL JUNIOR R1 PLUS.

En el programa IPI 2Win se procesaron los datos obtenidos, obteniéndose la siguiente figura y gráfica:

N	ρ	h	d	Alt
1	418	1	1	-1
2	5.41			

Figura 20. Valores de resistividad.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.



Gráfica 7. Curva teórica y de trabajo.

Fuente: El autor a partir del Software IPI 2Win.

Interpretando los resultados arrojados por el programa IPI 2Win se tiene:

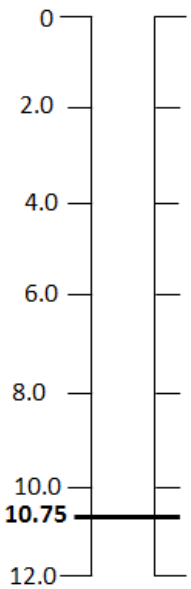
	En este último sondeo, los primeros 5 m de profundidad está representado de arenisca la misma que presenta una resistividad aparente de 6.8 a 6.34 Ω.m. De acuerdo a la resistividad igual a 0.09 Ω.m se tiene indicios de la presencia del nivel freático.

Tabla 28. Interpretación de la Línea SEV 6.

Fuente: El Autor.

6.9.1. Cortes Geoeléctricos

Los resultados obtenidos de la interpretación de los SEV se integran, mediante correlación, en perfiles o cortes geoeléctricos, de forma longitudinal y transversal a los principales lineamientos estructurales.

Se realizaron 3 cortes geoeléctricos que se muestran en el **Anexo 13,** donde se puede observar la correlación de los estratos de cada Sondeo Eléctrico Vertical, en donde los materiales que predominan en el sector son: arcillas, areniscas y lutitas.

Los resultados obtenidos por los Sondeos Eléctricos ayudaron en la elaboración del mapa geológico final ya que se determinó por medio de la resistividad los diferentes materiales que se encuentran en el subsuelo, y así dar el peso apropiado para el análisis final.

6.9.2. Ensayo de penetración estándar – SPT

Se realizó un ensayo de penetración estándar (SPT) a 4 m. de profundidad, está ubicado en el barrio El Plateado con coordenadas UTM: X: 696018, Y: 9558609 a una altura de 2224 m.s.n.m. El cual fue realizado por la empresa ESTSUELCON.CIA.LTDA. obteniéndose los resultados de contenido de humedad, limite líquido, índice de plasticidad, clasificación de suelos por la SUCS y la AASHTO, y la capacidad portante del suelo (***ver Anexo 14.*** *Resultados del Ensayo de Penetración Estándar SPT).*

- **Interpretación – SPT**

La interpretación se enmarca en la necesidad de conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de parámetros litológicos, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones. A partir de la unidad geológica considerada y del estudio de los resultados de los ensayos de laboratorio, se han establecido la unidad geotécnica que se describe a continuación:

MH1. Suelos con una resistencia en estado seco (a la disgregación) de Ligera a media, una Dilatancia (reacción a la disgregación) Lenta. La Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico) de Ligera a media. Se refieren típicamente a Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o con diatomeas, limos elásticos

Los suelos arcillosos hasta los 3.0 m presentan densidades > 1.69 gr/cm^3. Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.3/0.9 *(**ver figura 21.** Forma/redondeamiento)* y son preferentemente finos (78%).

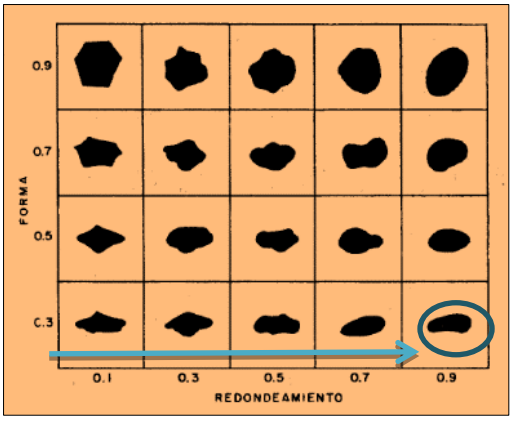


Figura 21. Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento

Fuente: Krumbein y Sloss, 1955.

Corresponden a materiales con un porcentaje de finos igual a 68% en los primeros 2 metros de profundidad, un límite liquido alto (85%). El limite plástico L.P., varía en rangos de 40-45%. Su índice de plasticidad I.P. relaciona valores entre 43 ~ 50%, lo que permite clasificar al material como MH1 (SUCS) Y A-7-5 (AASHTO) reconocidas como limos inorgánicos y arenas finas, limos con micas, diatomeas y limos plásticos.

La resistencia a la compresión simple a los 3.0 m de profundidad es de 2.75 Kg/cm². La humedad varía entre un 43.78 % a los 3.0 m de profundidad lo que indica elevada presencia de agua (niveles freáticos – capilaridad – infiltración).

En base a los valores orientativos del SPT de los 2.0 m a los 4 m; existe una constante de penetración lo que indica suelos medios (N_{30} = 24~38 golpes). Desde los 4 metros de profundidad los valores de N_{30} mantienen un rango superior a 40 golpes, considerando Suelos Compactos o Duros, de acuerdo a la siguiente **tabla 29**.

Tipo de suelo	N_{SPT}	qu (KN/cm^2)	qu (Kp/cm^2)	E (MN/m^2)	E (Kp/cm^2) F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 – 80	0 – 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 -25	80 – 150	0.82 – 1.53	8 – 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 – 50	150 – 300	1.53 – 3.06	40 – 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 – rechazo	300 – 500	3.06 – 5.10	100 – 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5000	5.10 – 50.97	500 – 8000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5000–40000	50.97–407.75	8000–15000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40000	> 407.75	> 15000	> 76452.59

Tabla 29. Valores orientados del Nspt, resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad.

Fuente: Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera 2008

Una de las formas de interpretar los valores obtenidos de las muestras, es entender la apreciación de J. M. Ortiz (2006), el cual, en su trabajo denominado "Las arcillas expansivas: su estudio y tratamiento" hace una recopilación de los criterios de los distintos autores de temáticas de mecánica de suelos, de manera que elabora la siguiente **tabla 30**:

Límite Liquido, LL	>30	30-40	40-60	>60
Índice de plasticidad, IP	0-18	15-28	25-40	>35
Presión de Hinchamiento (kg/cm^2)	<0.3	0.3-1.2	1.2-3-0	>3.0
Hinchamiento probable (cm)	<0.8	1-3	3.0-7.0	>7.0
Peligro de Hinchamiento	**BAJO**	**MEDIO**	**ALTO**	**MUY ALTO**
				SI

Tabla 30. Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS a 2.0 metros de profundidad.

Fuente. J. M. Ortiz (2006), "Las arcillas expansivas: su estudio y tratamiento"**.**

Nota. Los valores de LL=85% e IP=42%, constan en los resultados del SPT, **Anexo 14.**

- **Índices correlativos a los Límites de Atterberg (comportamiento).**

Los parámetros de correlación más útiles, obtenidos a partir de la determinación de los límites de Atterberg son : el índice de plasticidad IP, la consistencia relativa CR, el índice de liquidez IL y el grado de actividad de las arcillas Ac, los cuales se definen en la tabla a continuación :

a. Consistencia relativa. (CR).

El valor de la Consistencia Relativa, CR = 1.23. Describiéndolo como SUELO EN ESTADO SEMI SÓLIDO Y TENDRA UN COMPORTAMIENTO RÍGIDO. Se considera que la resistencia a la compresión uniaxial no confinada (qu) de la arcilla varía entre: 1.0 ~ 5.0 Kg/cm^2.

b. Índice de liquidez. (IL).

El valor del Índice de Liquidez, IL = -0.23. Se dice que la arcilla esta PRECONSOLIDADA; es decir, la arcilla ha sufrido presiones efectivas y la acción de la erosión.

c. **Grado de Actividad de las Arcillas. (Ac).**

El valor del Grado de actividad de las arcillas, Ac = 0.63. Se indica que el suelo tiene una clasificación de INACTIVO. El suelo de la muestra (obtenida por SPT) se puede catalogar, Según Skempton, al grupo de la Kaolinita, con BAJO potencial de variación de su volumen.

- **Valoración Geológica – Geotécnica**

Para la valoración geológica – geotécnica se fundamenta en características litológicas y propiedades físico – mecánicas de los geomateriales, en donde se toman en consideración las siguientes condicionantes geotécnicas:

- Capacidad Portante, Deformabilidad, Excavabilidad, Morfología / Relieve, Tipo de material y Drenaje.

Cada uno de estos factores se ha puntuado de 0 a 2, coincidiendo el menor y mayor valor con la situación menos y más favorable respectivamente para cada uno de ellos. Por último se realiza una valoración global permitiéndonos categorizar los suelos competentes y no competentes mediante el siguiente criterio:

- Menos o igual de 5 puntos: Deficiente.
- De 6 a 9 puntos: Aceptable.
- Más de 9 puntos: Bueno.

La valoración numérica depende de la experiencia y de las continuas salidas de campo. Se resumen en la siguiente Tabla, tanto la valoración, como las características geotécnicas de las diferentes unidades descritas.

Condicionantes Geotécnicos	Unidad Geotécnica N° 1 Formación La Banda. Lutitas carbonatadas, cherts, areniscas amarillas
Capacidad portante	2.0
Deformabilidad	1.0
Excavabilidad	1.0
Morfología	1.0
Tipo de material	1.0
Drenaje	1.0
Total	**7.00**
Clasificación	**ACEPTABLE**

Tabla 31. Valoración Geológica – Geotécnica de los suelos en el área de estudio.

Fuente: Elaborado por Ing. Valarezo M.

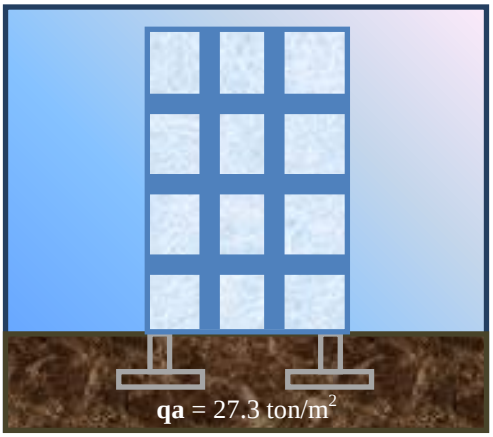
En relación a todos los datos y su correlación:

Existe presencia de material de mínima calidad en referencia a la carga admisible[26] a 2.0 metros de profundidad, con un valor de qa = 2.73 kg/m^2. Luego de los 2.0 metros de profundidad, qa mantiene valores superiores a 3.07 kg/m^2.

Tomando en cuenta la valoración anterior, las lutitas pertenecientes a la Formación La Banda tienen una puntuación de 7,0 con una categoría de aceptable, por lo que se hace necesario realizar el cálculo de Cimentación.

- **Cálculo de cimentación**

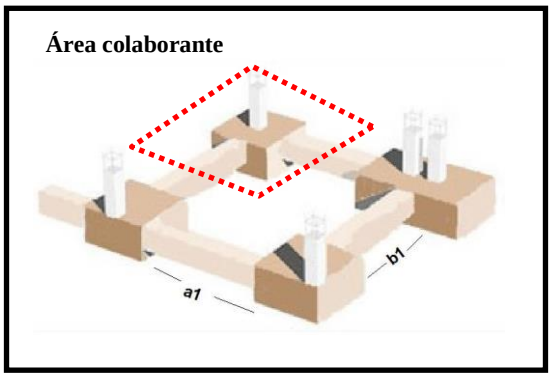
Ejemplificación en una cimentación Superficial



- **Base de cimentación:** 1.5 m * 1.5 m
- **Carga muerta (cm)** para edificios de hasta 4 pisos de acuerdo a normas estándares**:** 250 kg/m^2
- **Carga viva (cv)** para edificios de hasta 4 pisos de acuerdo a normas estándares**:** 250 kg/m^2
- **Carga admisible (qa):** 2.73 kg/m^2 = 27.3 ton/m^2

[26] Anexo 14. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar. Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas. Pg. 109.

a. Área colaborante (Ac)



$Ac = a1 * b1$

$Ac = 3.5\,m * 4.5\,m$

$\boldsymbol{Ac = 15.75\,m2}$

b. Carga Total ©

$C = cm + cv$

$$\mathrm{C} = 250\frac{Kg}{m2} + 250\frac{Kg}{m2}$$

$$\mathbf{C = 500\frac{Kg}{m2}}$$

c. Carga Total (Q)

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

$$\mathrm{Q} = \left(500\frac{Kg}{m2} * 15.75\,m2\right) * 4$$

$$Q = 31500\,Kg$$

$$\boldsymbol{Q = 31.5\,Ton}$$

d. Relación Carga Total (Q) Vs. Carga Admisible (q)

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

$$\mathrm{q} = \frac{31.5\,Ton}{2.25\,m2}$$

$$\mathbf{q = 14\frac{Ton}{m2}}$$

$$\mathrm{q} = 14\frac{Ton}{m2} < qa = 27.3\frac{Ton}{m2}$$

Esto quiere decir que el suelo si es consistente para realizar cimentaciones estándar con bases de (1,5 x 1,5) m.

- **Factor de Seguridad**

Según Bishop (1955), el coeficiente de seguridad, que comúnmente se conoce como factor de seguridad al deslizamiento, es el valor numérico de la relación entre: a) la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial y b) la resistencia estrictamente necesaria para mantener el terreno en equilibrio.

La siguiente fórmula planteada servirá de ejemplo para el cálculo del factor de seguridad en uno de los deslizamientos inventariados:

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * H * Cos^2\,\beta * tang\,\Phi}\right] + \left[\frac{tang\,\Phi}{tang\,\beta}\right]$$

Dónde:

FS= Factor de Seguridad
c´= Cohesión
ɣ= Peso Específico del material
Ɣsat= Peso Específico del material saturado
H = Profundidad del deslizamiento
Φ = Ángulo de fricción interna
β = Ángulo de Trabajo

Los parámetros cuantitativos dependiendo a la profundidad son los siguientes:

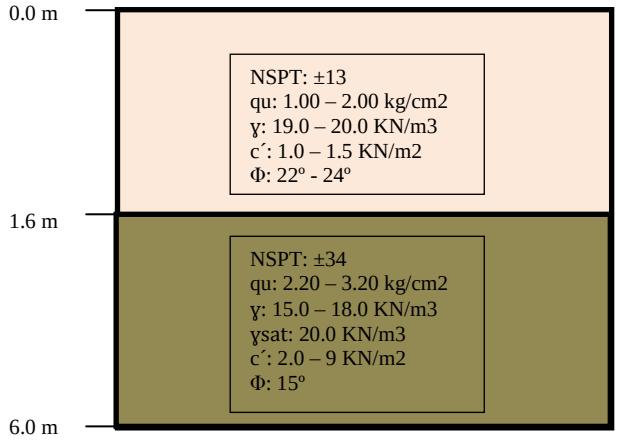


Figura 22. Valores cuantitativos para cálculo de factor de seguridad.

Fuente: El autor a partir de "Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos" Noriega José M. 2008.

Los parámetros de la **figura 22**. Se utilizaron para los cálculos de Factor de Seguridad de los deslizamientos. Mediante el cálculo de factor de seguridad se analizará las condiciones del deslizamiento en varios escenarios en cuanto al peso específico seco, saturado y la cohesión para obtener la gráfica de sensibilidad del deslizamiento.

DESLIZAMIENTO 4 (Peores condiciones de terreno)

DATOS:

c´= 2.0 KN/m^2

ɣ peso saturado= 20 KN/m^3

H = 2 m

Φ = 15°

Datos tomados de la figura 22.

B = 20°

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma sat * H * Cos^2\,\beta * tang\ \beta}\right] + \left[\frac{tang\ \Phi}{tang\ \beta}\right]$$

$$FS = \left[\frac{2\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{20\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,20° * tang\ 20°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 20°}\right]$$

$$FS = 0.16 + 0.74$$

$$\boldsymbol{FS = 0.90}$$

β = 25°

$$FS = \left[\frac{2\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{20\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,25° * tang\ 25°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 25°}\right]$$

$$FS = 0.13 + 0.57$$

$$\boldsymbol{FS = 0.70}$$

β = 30°

$$FS = \left[\frac{2\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{20\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,30° * tang\ 30°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 30°}\right]$$

$$FS = 0.12 + 0.46$$

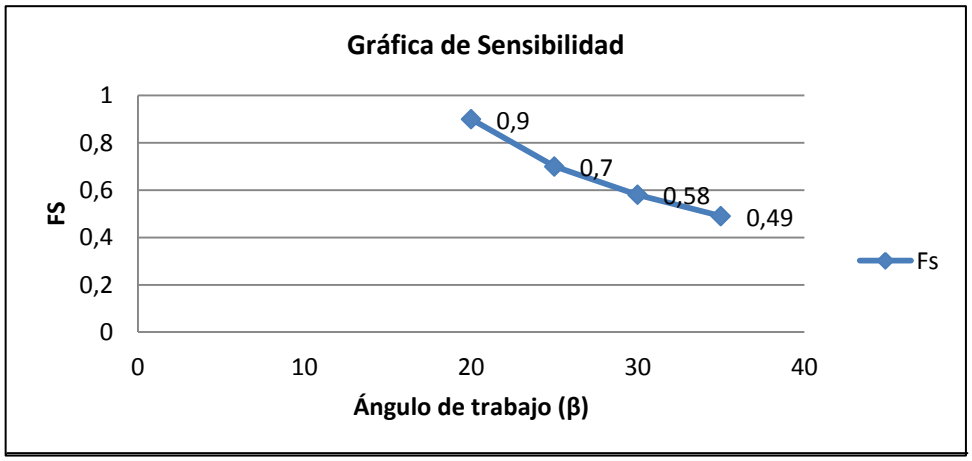
$$\boldsymbol{FS = 0.58}$$

β = 35°

$$FS = \left[\frac{2\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{20\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,35° * tang\ 35°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 35°}\right]$$

$$FS = 0.11 + 0.38$$

$$\boldsymbol{FS = 0.49}$$



DESLIZAMIENTO 4 (Mejores condiciones de terreno)

DATOS:

c´= 9.0 KN/m^2
ɣ = 15 KN/m^3
H = 2 m
Φ = 15°

Datos tomados de la figura 22.

B = 20°

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * H * Cos^2\,\beta * tang\ \beta}\right] + \left[\frac{tang\ \Phi}{tang\ \beta}\right]$$

$$FS = \left[\frac{9\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{15\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,20° * tang\ 20°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 20°}\right]$$

$$FS = 0.93 + 0.74$$

$$\boldsymbol{FS = 1.67}$$

β = 25°

$$FS = \left[\frac{9\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{15\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,25° * tang\ 25°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 25°}\right]$$

$$FS = 0.78 + 0.57$$

$$\boldsymbol{FS = 1.35}$$

β = 30°

$$FS = \left[\frac{9\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{15\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,30° * tang\ 30°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 30°}\right]$$

$$FS = 0.69 + 0.46$$

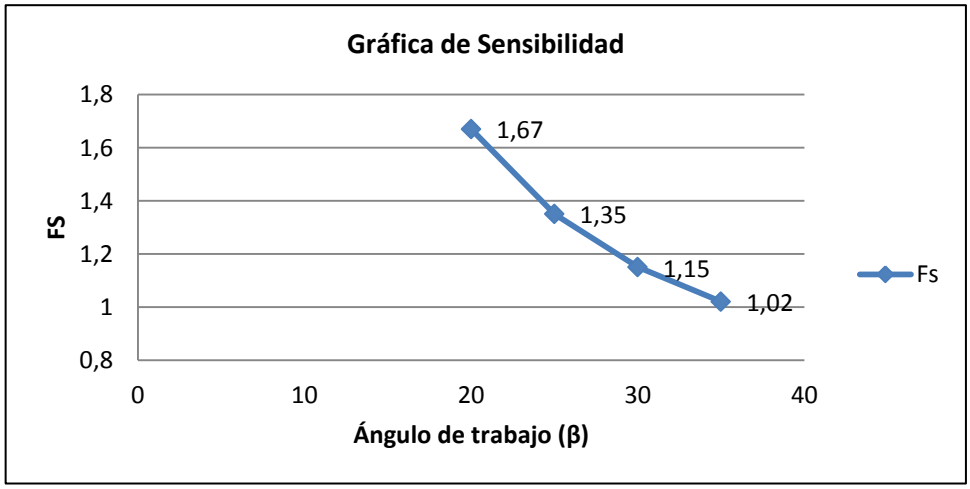
$$\boldsymbol{FS = 1.15}$$

β = 35°

$$FS = \left[\frac{9\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m2}}}{15\,\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 2m * Cos^2\,35° * tang\ 35°}\right] + \left[\frac{tang\ 15°}{tang\ 35°}\right]$$

$$FS = 0.64 + 0.38$$

$$\boldsymbol{FS = 1.02}$$



6.10. Susceptibilidad a deslizamientos

En el mapa de susceptibilidad se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos, estos pueden tener una inestabilidad similar o de igual potencial, que se obtiene de un análisis multivariable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos.

Para la elaboración de mapas de susceptibilidad a los deslizamientos no existe un procedimiento estandarizado y existe mucha libertad en la determinación de los pasos a seguir y los niveles de susceptibilidad varían de acuerdo con los criterios de los autores. En base al análisis de las condiciones del terreno como pendientes, geología, geomorfología, uso del suelo y cobertura vegetal, constituidas como variables para la zonificación se subdivide al terreno en áreas con diferentes rangos de susceptibilidad.

La zonificación está dada en cinco categorías de acuerdo a los criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos de Sarkar y Kanungo, 2004 ***(ver tabla 32)***, establecidas como muy baja, baja, media, alta y muy alta susceptibilidad ***(ver Anexo 15.*** Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos en el Sector Ciudad Victoria – El Plateado).

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

Tabla 32. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004

6.10.1. Variables, Indicadores y Pesos

Para la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos se utilizó el método heurístico, el cual permite valorar las variables de acuerdo a su importancia. El proceso consiste en establecer diferentes pesos a los elementos de las variables de 1 a 5 dependiendo del grado de influencia como se explica en la siguiente **tabla 33**:

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente susceptibles a deslizamientos	5

Tabla 33. Condición para asignación de pesos.

Fuente: Tambo 2011. "Estudio del peligro de deslizamiento del norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador"

- **Geología**

Para asignar los pesos al mapa de geología, se tomó en cuenta la condición en que se encontraba las rocas en el sector, considerando la meteorización, humedad, erosión, dureza, textura y estructura. En la siguiente **tabla 34** se muestra los pesos asignados a las variables para el componente de geología:

LITOLOGÍA	
ELEMENTOS DE LA VARIABLE	**PESOS**
Lutitas carbonatadas	4
Areniscas gruesas y depósitos comglomeraticos	4

Tabla 34. Peso asignado para geología.

Fuente: Levantamiento de Campo

- **Geomorfología**

Las condiciones geomorfológicas presentes son esenciales en el análisis de la ocurrencia de deslizamientos. Para el análisis de la susceptibilidad se asignaron los siguientes

pesos a la geomorfología de acuerdo a la pendiente que presenta cada una de las geoformas, que se presentan en la siguiente **tabla 35**:

GEOMORFOLOGÍA	
ELEMENTOS DE LA VARIABLE	**PESOS**
Encañonamiento	1
Garganta	3
Deslizamiento	5
Ladera cóncava	2
Ladera convexa	2
Relieve colinado muy bajo	2
Relieve colinado bajo	2
Relieve ondulado	1
Superficie de cuesta	3
Talud de vía	5

Tabla 35. Pesos asignados para geomorfología.

Fuente: Arview 3.2 Levantamiento de Campo

- **Pendientes**

De acuerdo a la clasificación de pendientes de Brabb 1984, se asignó los pesos para el mapa de pendientes dándole un peso de 1 para la pendiente muy baja y 5 para la muy alta. Sin embargo se hace referencia a dos clasificaciones que son muy baja y baja pendiente, por ocupar más del 80 % del área de estudio. Los valores asignados para pendientes se encuentran en la siguiente **tabla 36**:

PENDIENTES		
CLASIFICACIÓN	**ÁNGULO DE INCLINACIÓN (º)**	**PESOS**
Muy baja	0 a 8,5	1
Baja	8,5 a 16,7	2
Media	16,7 a 26,6	3
Alta	26,6 a 45	4
Muy Alta	Más de 45	5

Tabla 36. Peso asignado para pendientes.

Fuente: El autor a partir de la clasificación de Brabb 1984.

El método de Valor Esperado propuestos por Jassen y Van Herwijnen 1994, se utilizó para dar pesos a las condiciones intrínsecas, biológicas y a sus variables las mismas que se muestran en las **tablas 37 y 38**.

Los pesos asignados a los elementos de las variables geológicas, geomorfológicas y pendientes, se dieron de acuerdo a sus características presentadas en el terreno, como la geología que presenta dos tipos de rocas (lutitas carbonatadas y areniscas) que no son competentes debido a su alta meteorización; la geomorfología muestra geoformas que relacionándola con las pendientes no presenta mayor grado de ocurrencia a deslizamientos ya que la geoforma más representativa del área son las superficies de cuestas con pendientes de 0% - 12%; los pesos para los elementos de la pendiente se asignaron de acuerdo a su ángulo de inclinación, que se puede observar en la **tabla 37**.

	Mapa	**Elementos de la Variables**	**Peso**	**Peso subtotal**	**Peso total**
Condición Intrínseca	Geológico	Lutitas carbonatadas	4	0.61	0.75
		Areniscas gruesas y depósitos comglomeraticos	4		
	Geomorfológico	Encañonamiento	1	0.28	
		Garganta	3		
		Deslizamiento	5		
		Ladera cóncava	2		
		Ladera convexa	2		
		Relieve colinado muy bajo	2		
		Relieve colinado bajo	2		
		Relieve ondulado	1		
		Superficie de cuesta	3		
		Talud de vía	5		
		Deslizamientos	5		
	Pendientes	0° - 8,5°	1	0.11	
		8,5° - 16,7°	2		
		16,7° - 26,6°	3		
		26,6° - 45°	4		
		mayor a 45°	5		

Tabla 37. Valoraciones asignadas para la condición intrínseca y sus variables.

Fuente: El autor

- **Uso Actual del Suelo**

El uso actual del suelo que tiene el área de estudio, es un parámetro importarte para la estabilidad tanto en el terreno como en los taludes, lo pesos establecidos a cada uno de los usos se le dieron de acuerdo a la importancia que tienen para producir inestabilidad a deslizamientos.

A los diferentes tipos de usos de suelo, que se presenta en la zona de estudio se le asignaron los siguientes valores para el análisis de susceptibilidad:

USO ACTUAL DEL SUELO	
ELEMENTOS DE LA VARIABLE	**PESOS**
Área erosionada	3
Área recreativa	1
Cultivos	4
Humedales	4
Matorrales	2
Pastos	4
Plantaciones	1
Vía suelo desnudo	2
Zona poblada	3

Tabla 38. Peso asignado para uso del suelo y cobertura vegetal.
Fuente: El autor

La condición biológica está constituida por un solo mapa que es el uso del suelo, los pesos asignados a los elementos de las variables están de acuerdo al grado que estos influyen para causar inestabilidad en el terreno.

	Mapa	Elementos de la Variables	Peso	Peso subtotal	Peso total
Condición Biológica	Uso Actual de Suelo	Área erosionada	3	1.00	0.25
		Área recreativa	1		
		Cultivos	4		
		Humedales	4		
		Matorrales	2		
		Pastos	4		
		Plantaciones	1		
		Vía suelo desnudo	2		
		Zona poblada	3		

Tabla 39. Valoración asignada para la condición Biológica y su variable.
Fuente: El autor

6.11. Valoración e interpretación de las zonas

El mapa de susceptibilidad se analizó en base a las condiciones del terreno investigadas (geología, geomorfología, cobertura vegetal y uso del suelo, pendientes), en donde se agrupa áreas con menor y mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, clasificándose en cinco categorías que van desde muy baja, baja, media, alta y muy alta susceptibilidad, estas categorías se detallan a continuación:

Susceptibilidad Muy Baja.- Son zonas relativamente estables y poco susceptibles a deslizamientos, por presentar características de pendientes del terreno menores al 15%, no se aprecia deslizamientos antiguos o recientes, y no se evidencia procesos erosivos. Representan el 8.64 % del área de estudio. Sin embargo presenta resistividades menores a 6.32 Ω.m

Susceptibilidad Baja.- Las áreas de Baja Susceptibilidad está dispersa en toda el área de estudio, donde las condiciones son poco susceptibles a deslizamientos, comprende pendientes bajas entre 15 a 30% y suelos relativamente estables, en la mayor parte de estas zonas se encuentran pastos y cultivos, esta zona ocupa el 45.23 % del total del área de estudio. Las resistividades que presenta esta zona van desde 5.33 Ω.m hasta los 66.43 Ω.m

Susceptibilidad Media.- Zonas que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por deslizamientos. Estas zonas se Caracterizan por presentar pendientes del terreno entre 15 %, 30% y 50%, en estos terrenos existe presencia de pastos y cultivos, corresponde al 28.42 % del área del sector de estudio. Presenta resistividades desde 0.0 Ω.m hasta los 9.72 Ω.m y tiene una carga admisible del suelo mayor a 27.3 ton/m^3 en el sector Nor-oeste del área de estudio.

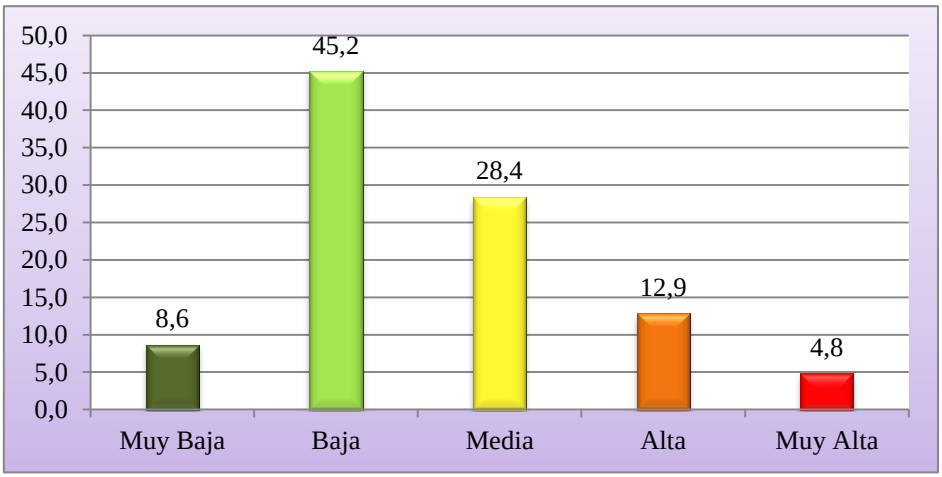
Susceptibilidad Alta.- Zonas donde las condiciones del terreno son favorables para que se produzcan deslizamientos, se caracteriza por la presencia de pendientes pronunciadas que van desde 15%, 50% a 100%. Esta zona ocupa el 12.85 % del total del área en estudio.

Susceptibilidad muy Alta.- Son zonas muy susceptibles a que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por deslizamientos. En términos generales estas zonas se identifican por presentar: zonas denudadas con pendientes de terreno 30%, 50%, 100% y mayor al 100%, laderas con suelos muy meteorizados, terreno con evidencia de deslizamientos recientes. Estas áreas ocupan el 4.81 % del total del área en estudio.

Clasificación	Área ocupada (Ha)	Área ocupada (%)	Descripción
Muy baja	6.43	8.64	Zonas estables y poco susceptibles a deslizamientos, por presentar pendientes del terreno menores a 8º, no se aprecia deslizamientos antiguos o recientes, y no se evidencia procesos erosivos. Sin embargo presenta resistividades menores a 6.32 Ω.m
Baja	33.64	45.23	Condiciones poco susceptibles a deslizamientos, comprende pendientes bajas entre 8º a 16º y suelos relativamente estables, en la mayor parte de estas zonas se encuentran pastos y cultivos. Las resistividades que presenta esta zona van desde 5.33 Ω.m hasta los 66.43 Ω.m
Media	21.14	28.42	Zonas que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por deslizamientos. Estas zonas se Caracterizan por presentar pendientes del terreno entre 8º, 16º y 26º, en estos terrenos existe presencia de pastos y cultivos. Presenta resistividades desde 0.0 Ω.m hasta los 9.72 Ω.m y tiene una carga admisible del suelo mayor a 27.3 ton/m^3 en el sector Nor-oeste del área de estudio.
Alta	9.56	12.85	Se caracteriza por la presencia de deslizamientos y pendientes pronunciadas que van desde 26º a 45º
Muy Alta	3.58	4.81	Son zonas muy susceptibles a que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por deslizamientos. Presentan zonas denudadas con pendientes de terreno mayor a 45º, laderas con suelos muy meteorizados, terreno con evidencia de deslizamientos recientes.

Tabla 40. Clasificación de Susceptibilidad a deslizamientos en el sector y área ocupada.

Fuente: El autor



Gráfica 8. Diagrama que muestra los rangos de susceptibilidad y sus porcentajes ocupados en la zona.

Fuente: El autor

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Establecer, elaborar guías o mapas reales a partir de estudios geológicos – geotécnicos a detalle del sector de estudio sirven para una buena planificación del territorio, en este proyecto se ven inmersos los Barrios Bolonia y El Plateado. Estos trabajos servirán como base para determinar zonas susceptibles a deslizamientos, lo cual llevara a una mejor planificación territorial por parte de las autoridades.

La topografía realizada del sector de estudio es regular, posee un relieve casi plano en la mayoría del sector de estudio con pendientes muy suavizadas, ocupando un área de 42.53 Ha. equivalente a un 57 % del área total estudiada.

En base al análisis de campo, a través de la descripción de afloramientos y de macizos rocosos, la geología está compuesta principalmente por lutitas carbonatadas y areniscas, muy características de la Formación El Belén y La Banda respectivamente, formada en un ambiente de sedimentación lacustre. Esto se puede corroborar con los estudios realizados por el GAD de Loja, 2008. Los materiales presentan una meteorización física que vuelve a este tipo de rocas muy inestables, esto se identificó mediante el inventario de deslizamientos.

En el inventario de deslizamientos realizado, se ha tomado como base la topografía del sector y la utilización de fichas de identificación de movimientos en masa a través de visitas de campo, se identificó seis deslizamientos, todos estos son rotacionales. La mayoría pueden activarse con el próximo periodo invernal si no reciben algún tipo de estabilización o control.

Se realizaron seis sondeos eléctricos verticales (SEV) y un ensayo de penetración estándar (SPT) los cuales nos ayudaron a ratificar las diferentes potencias y tipo de roca presente en el sector, dándonos como resultado areniscas, arcilla y lutitas, relacionando con la resistividad aparente obtenida en los ensayos, al analizar el los resultados del SPT se describe materiales de elevada plasticidad, alto contenido de humedad y limite líquido.

Los SEV por lo general se realizan en terrenos totalmente planos, pero dadas a las condiciones del terreno que presenta el sector de estudio que son superficies de cuestas

de entre 15 a 30 % en pendiente, se tuvo que adecuar el arreglo de las líneas SEV de acuerdo a la forma del terreno.

La geomorfología del sector es un factor indispensable en lo que se refiere a susceptibilidad a deslizamientos, las principales geoformas obtenidas son garganta, encañonamiento, superficie de cuestas, relieves ondulados, laderas cóncavas y convexas, lo que es muy común en todo el cantón.

El uso de suelo observado en el área de estudio, son sustentados en base al levantamiento topográfico, lo cual da la veracidad de lo planteado. El uso del suelo que predomina en el sector son los pastos y cultivos.

Los Sistemas de Información Geográfica, permiten la manipulación de la información de manera más sencilla y directa a través de la superposición de mapas temáticos obtenidos con los levantamientos de campo realizados, lo cual nos da como resultado la determinación de zonas susceptibles a deslizamientos; donde se pueden distinguir cinco clases de zonas las cuales están en dependencia del análisis de los factores condicionantes del terreno. Mediante la asignación de pesos a las distintas variables que conforman los factores condicionantes.

Teniendo como resultado el mapa de susceptibilidad donde se muestra áreas desde muy baja susceptibilidad que comprende el 8.64 % que representa 6.43 Ha.; área de baja susceptibilidad que comprende el 45.23 % que representa 33.64 Ha.; área de moderada o media susceptibilidad que comprende el 28.42 % que representa 21.14 Ha.; área de alta susceptibilidad corresponde el 12.85 % que representa 9.56 Ha.; y por último se tiene el área de muy alta susceptibilidad que corresponde el 4.81 % que representa 3.58 Ha. aproximadamente.

Se realizó un ensayo SPT con una profundidad máxima de 4 m, dando como resultados arcillas de baja plasticidad con una capacidad portante de 1, 21 Kg/cm^2 para una profundidad de 2 m, por lo cual se realizó el cálculo de acientación en donde se determinó que se debe realizar bases de al menos (1,5 x 1,5) m para que el suelo pueda resistir cargar verticales promedio.

8. CONCLUSIONES

- La topografía de la zona de estudio tiene una superficie de 75 Ha. y 1.4 Km lineales de la vía de integración barrial, el terreno es regular, con presencia de pendientes suavizadas, considerada como terrenos planos o casi planos, la altitud varía entre 2190 m s.n.m. y 2290 m s.n.m.
- Dadas las condiciones topográficas, los cauces que atraviesan el sector de estudio fluyen de oeste a este, siendo la quebrada Las Pavas como su afluente principal y otras quebradas S/N que alimentan a la quebrada Las Pavas.
- La geología del área de estudio presenta dos formaciones: la primera ocupando mayor área, es la formación Belén constituida por areniscas, las mismas que se encuentran altamente meteorizadas con un área ocupada de 58.96 Ha. que corresponde al 78.2 %; y la segunda ocupando menor área, es la formación La Banda formada por lutitas carbonatadas y están medianamente meteorizadas, ocupan un área de 16.39 Ha. traduciéndose en 21.7 %.
- Se realizó seis líneas de sondeos eléctricos verticales (SEV), mediante los resultados de los SEV y correlacionados con el SPT se determinó; estratos intercalados de rocas sedimentarias no consolidadas como areniscas, areniscas saturadas, lutitas y lutitas saturadas a profundidades de 2 a 15 m.
- El área de estudio presenta mayoritariamente zonas de pendientes muy bajas ocupando 42.53 Ha.que representa un 57 % del área, seguidas por pendientes bajas representado 23.47 Ha. que representa el 31.45 % de la zona, las mismas que no son muy propensas para la ocurrencia de movimientos en masa.
- El mapa de uso actual del suelo del sector se determinó 9 categorías corresponde a pastos y cultivos con un 48.79 % y 33.55 % respectivamente, por otro lado se tiene que la infraestructura ocupa el 4.02 % del total del área de estudio.
- Se evidenciaron 6 deslizamientos, que comprenden una superficie de 0.54 Ha., en donde los deslizamientos se encuentran en sectores de alta a muy alta susceptibilidad; demostrando así la coherencia del estudio.
- El mapa de susceptibilidad realizado a partir del análisis de las variables consideradas, se obtiene que la mayor parte del sector de estudio muestra una susceptibilidad a deslizamientos baja con 33.64 Ha., lo que significa un 45.23 %,

media con una superficie de 21.14 Ha., lo que se traduce en un 28.42 % y susceptibilidad alta con 9.56 has que representa un 12.85 %.

- La infraestructura desarrollada en el área de estudio está situada principalmente en la zona de alta y muy alta susceptibilidad con 15147.61 m^2 que se traduce en 76.66 % y 4135.14 m^2 con un 20.93 % respectivamente, el Barrio Bolonia está dentro de la zona de alta susceptibilidad y por otro lado el Barrio Plateado se encuentra en la zona de baja susceptibilidad.

9. RECOMENDACIONES

- En la falla de tipo inversa que se encuentra en el área de estudio en las coordenadas (UTM: X: 695846, Y: 9557684, Z: 2238), por lo cual se recomienda que el Municipio de Loja, a través de su plan de ordenamiento territorial prohíba obras de construcción civil.
- Realizar el control de la escorrentía superficial y revegetación de los taludes a lo largo de la Vía de integración Barrial que puedan representar un riesgo para los pobladores e infraestructuras y principalmente la Vía.
- Ejecutar medidas de prevención como muros de gavión, reducir el ángulo de inclinación del talud en los tres deslizamientos (ubicado en las coordenadas: deslizamientos 1. X: 695781, Y: 9557741; deslizamiento 2. X: 695812, Y: 9557677; deslizamiento 3. X: 695831, Y: 9557692), que se encuentran en la vía principal con el fin de que no siga ocasionando daños a la misma y en los otros 3 deslizamientos (ubicado en las coordenadas: deslizamientos 4. X: 695679, Y: 9558782; deslizamiento 5. X: 695570, Y: 9557692; deslizamiento 6. X: 695880, Y: 9557790), que están dispersos en el área de estudio se recomendaría que realicen drenes superficiales para no acumular agua y producir inestabilidad en los mismos.
- El sector delimitado por las coordenadas 9558000, 695600 hasta 9557850 y 695750 es una zona de área de cultivos la cual presenta una alta y muy alta susceptibilidad, se recomienda que el municipio a través de una ordenanza, prohíba la construcción de viviendas que no supere más de un piso y en forma general se debería aplicar para todas las zonas que se encuentran en alta y muy alta susceptibilidad.

10. BLIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- ARANHA DOMÍNGUEZ, F. A. 1979. "Topografía y astronomía posición a Ingenieros y Arquitectos". Editorial McGraw – Hill. San Pablo
- BRABB, E.E. "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". Proceedings of the Fourth International Symposium on Landslides, Canadian Geotechnical Society, Toronto, Canada, Vol. 1, 1984, pp. 307-323.
- BOSI, C. 1984. "Consideraciones y propuestas metodológicas sobre elaboración y estabilización". Geología Aplicada. Ed Idrogeol 3. pp. 246-281.
- CARRARA, A. 1995. "La tecnología SIG en peligro de deslizamientos de mapeo. Sistemas de Información Geográfica en la evaluación de los peligros naturales. Kluwer. Dordrecht. Países Bajos. pp. 135-175.
- CHOUTEAU, T., 2001: Les Methodes Electriques, Notes de cours. Publication Ecole Polytechnique, Montreal.
- CLIRSEN. CLIRSEN, SEMPLADES, SIGAGRO, INIGEM. 2010. Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional.
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J., 1996: Landslide Types and Processes. In Turner, A.K. &Schuster, R.L., 1996: Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 675 p.p.
- GADML (2008). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Loja.
- GASMI, M., 2004: Contribution de la Prospection Électrique a I´Étude Hydrogeologique des Aquiferes Dans la Plaine de Segui-Sud (Tunisie Meridionale). Science et Changements Planetaires / Secheresse, Vol. 15, Nº 2.
- IAEG Commission on Landslides. 1990. "Suggested nomenclature for landslides". Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 41, pp.13-16.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INEC).VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010.
- JANSSEN y VAN HERWIJNEN, 1994. "Pesos de criterios usando el Método del Valor Esperado". Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental.

Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción. Kluwer. Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.

- LUCINI, P. 1973. "La previsión de posibles deslizamientos de tierra del complejo Argille Varicolori Scagliose IGM 174 IV SE Mapa, Saviano di Puglia (Compañia)". Geol. Appl., 8. pp. 311-316.
- MALDONADO, N., 1997. Clima y desertificación en la provincia de Loja, en Revista de Ciencias Agrícolas. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- MARTINEZ, J. Geología Estructural y Dinámica Global. 2003, pp. 103.
- MORA CH. ROLANDO, M. Sc., 1992: Deslizamiento Bajo Gamboa, Costa Rica: La Posibilidad de una Estabilización Rentable. Escuela Centroamericana de Geología Universidad de Costa Rica.
- NORIEGA JOSÉ M. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos" pp. 83.
- OYARZÚN J. Léxico sobre procesos y estructuras geológicas. 2009, pp. 39-45.
- SARKAR, S. KANUNGO, D.P. 2004: An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70: pp. 617-625.
- SHARPE, C. 1938. Landslides and related phenomena, Columbia University Press, Ney York.
- SKINNER, B.J. & PORTER, S.C., 1992: The Dynamic Earth: an introduction to physical geology. II edition, John Wiley & Sins, Inc. New York. pp. 570.
- SUÁREZ, J. 2002. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. pp. 1-30.
- SUÁREZ J, 2009: Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capítulo 13 "Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo".
- TABBAGH, A., 1995: Methodes Électriques et Electromagnetiques Appliquees an I´Archeologie et an I´etude de I´environnement. Revista Física de la Tierra, Vol. 7, pp. 161-192.
- TERZAGHI, K.; PECK, R. B. 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice - John Wiley and Sons Mechanisms.

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO. Fundamentos de Geología. 2007, pp. 42.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín 2000.
- VARNES, D.J., 1978: Slope Movement: Types and Processes. In Scuste & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Commission on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C. pp. 234.

TESIS

- MERO PEDRO. 2014. "Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de integración barrial, desde el sector Chontacruz hasta Menfis Central de la Ciudad de Loja"
- RIVERA MIRIAN. 2014. "Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de integración barrial, desde el sector la Argelia hasta Punzara Chico de la Ciudad de Loja"
- TAMBO WALTER. 2011 "Estudio del Peligro de deslizamiento del Norte de la ciudad de Loja, Provincia de Loja. Ecuador".

SITIOS WEB

- WERNER, Abraham Gottlob. 1749-1817. Texto tomado de http://www.mcnbiografias.com.

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha1 para descripción de afloramientos.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: "SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL EN EL SECTOR CIUDAD VICTORIA - PLATEADO"

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro.:
COORDENADAS:
DIMENSIONES:
COTA:
RELIEVE: Llano ☐ Bajo ☐ De colinas ☐ Montañoso ☐
VEGETACIÓN: Exuberante ☐ Escasa ☐ Color ☐
FOTO Nro.:
FECHA:

CROQUIS

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

POTENCIA (m)	*Nro. DE* CAPAS	***LITOLOGIA***	GRANULOMETRÍA ARCILLA LIMO ARENA GRAVA	***COLOR***	ORIENTACIÓN	MUESTRA	**DESCRIPCIÓN**

OBSERVACIONES:

Fuente: Valarezo M. 2010Caracterización geológica – estructural de la formación San Cayetano de la hoya de Loja

ANEXO 2. Ficha 2 para inventariar los deslizamientos.

HOJA DE EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA

Fecha _____/_____/_____ Hora _____ Código
Responsable de la inspección _____
Institución/organización _____
Dirección/tel./fax/e-mail _____
_____ Número ficha

Tipo de movimiento:
Deslizamiento ( ) Desprendimiento o vuelco ( )
Flujo ( ) Complejo ( )

DATOS DEL MOVIMENTO DE LADERA

1. **Fecha de ocurrencia y ubicación** Coordenadas X:

Fecha en que ocurrió el movimiento ___/___/___
Departamento_____Municipio_____Cantón _____
Caserío/Barrio_____Colonia/Residencial/Otro_____ Calle/Número de las viviendas/Otros_____

2. **Condiciones topográficas y geométricas**

Altura de la corona _____ (msnm) Altura del talud (T) _____(m)
Pendiente promedio del talud originado _____(º) del talud original_____ (º)
Grietas en la parte superior de la corona ( ) Abertura ___ (cm) Longitud___(cm)
Profundidad_____(cm)
Escalones ( ) Altura _____ (m)
Medidas de la superficie de ruptura:
Ancho (A) _____ (m) Largo (L) _____ (m)
Espesor (E) _____ (m) Volumen estimado _____ (m3)

3. **Material deslizado**

Suelos ( ) Rocas ( ) Relleno ( )
Basura y ripio ( ) Árboles ( )
Superficie de afectación: Ancho(a) ___ (m) Largo (l) ___ (m) Área (A) ___ (m2)
Ocupando cauce de río o quebrada ( ) Permanece: (SI) (NO)
Viabilidad de movilizar el material (palas, máquina) _____

4. **Factores generadores**

Factores Naturales:
Escorrentía Superficial ( )
Lluvias ( )
Sismos ( )

Factores Antrópicos:
Cortes de caminos y/o construcción ( )
Drenajes ( )
Acumulación de sobrecargas ( )

Otros _____

Comentarios_____

Fuente: Valarezo M. 2010. Levantamiento geológico "Proyecto Alamor – Rio Pindo"

ANEXO 3. Registro de datos para los Sondeos Eléctricos Verticales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

SISTEMA GEOELÉCTRICO: MÉTODO ELÉCTRICO

RESISTIVIDAD VERDADERA SCHLUMBERGER

NOMBRE DEL SONDAJE:

FECHA:

OPRADOR:

COORDENADAS:

B —— M —— O —— N —— A

DIBUJO UBICACIÓN SEV

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	1era LECTURA		2da LECTURA		3era LECTURA		OBSERVACIONES
				RESISTENCIA R(Ohm)	RESISTIVIDAD (Ohm-m)	RESISTENCIA R(Ohm)	RESISTIVIDAD (Ohm-m)	RESISTENCIA R(Ohm)	RESISTIVIDAD (Ohm-m)	
1	1	0.2	7.54							
2	1.47	0.2	16.66							
3	2.15	0.2	35.99							
4	3.16	0.2	78.11							
5	4.64	0.2	168.78							
6	4.64	0.5	86.85							
7	6.81	0.5	363.92							
8	6.81	0.2	144.91							
9	10	0.5	313.37							
10	14.7	0.5	678.08							
11	14.7	2	166.58							
12	21.5	2	1454.42							
13	21.5	0.5	359.91							
14	31.6	2	781.13							
15	46.4	2	1687.79							
16	46.4	5	668.52							
17	68.10	2	3639.24							
18	68.10	5	1449.10							
19	100	5	3133.75							

Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2012. “Ficha para Sondeos Eléctricos Verticales”

MAPA DE UBICACIÓN

MAPA TOPOGRÁFICO

MAPA DE PENDIENTES

MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO

MAPA DE GEOLOGÍA REGIONAL

MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL

MAPA GEOMORFOLÓGICO

ANEXO 12. Tablas de referencia de la resistividad natural de los geomateriales.

Valores de resistividad de geomateriales.

Material	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y Gneis procedente de alteración	1500 a 10000
Granitos y Gneis muy alterado	100 a 600

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín 2000

Valores representativos de resistividad.

Material	Resistividad en Ohm.m
Arcilla y limo saturado	0 - 10
Arcilla arenosa y arena limosa húmeda	10 - 25,0
Arena arcillosa y arena saturada	25 - 50
Arena	50 - 150
Grava	150 - 500
Roca meteorizada	100 - 200
Roca sana	150 - 4000

Fuente: Exploración Geoeléctrica – Suelos (CONSTRUCTOR CIVIL)

ANEXO 13. Cortes Geoeléctricos

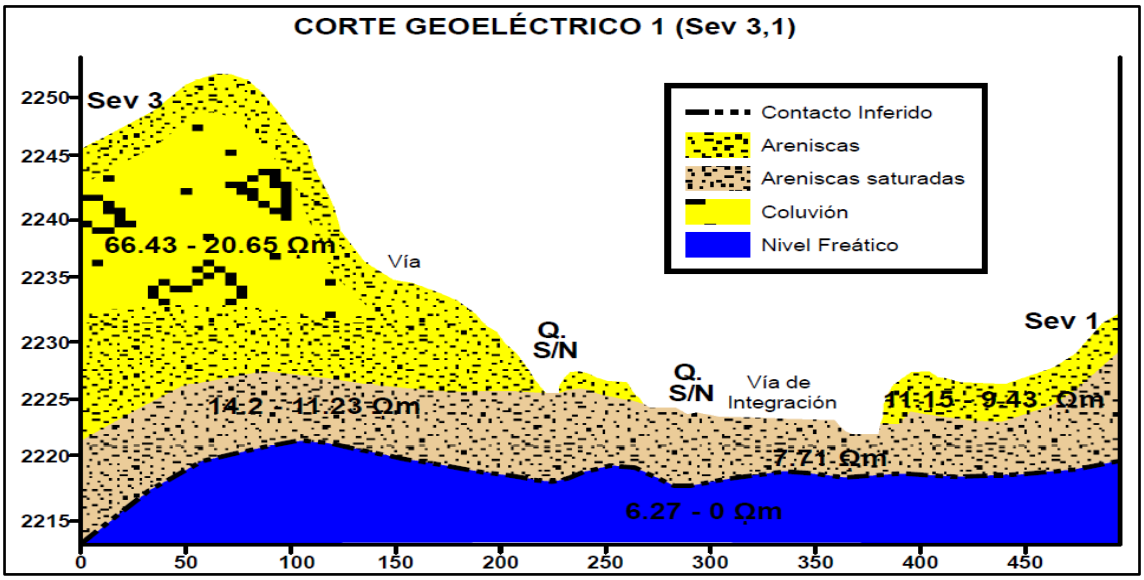


Figura 23. Corte Geoeléctrica de las líneas 3, 1

Fuente: El autor

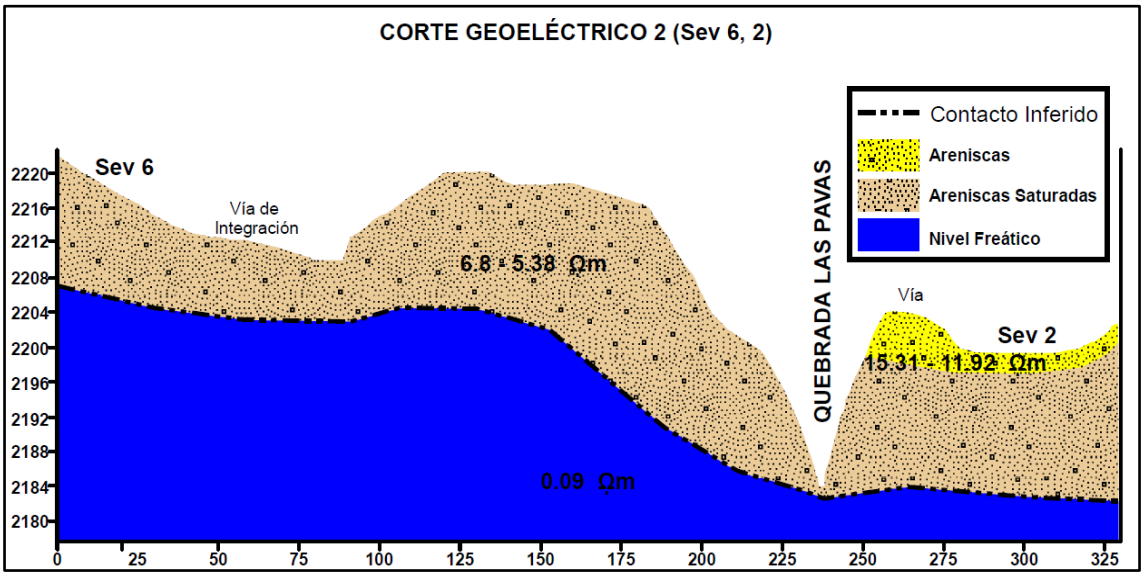


Figura 24. Corte Geoeléctrica de las líneas 6, 2

Fuente: El autor

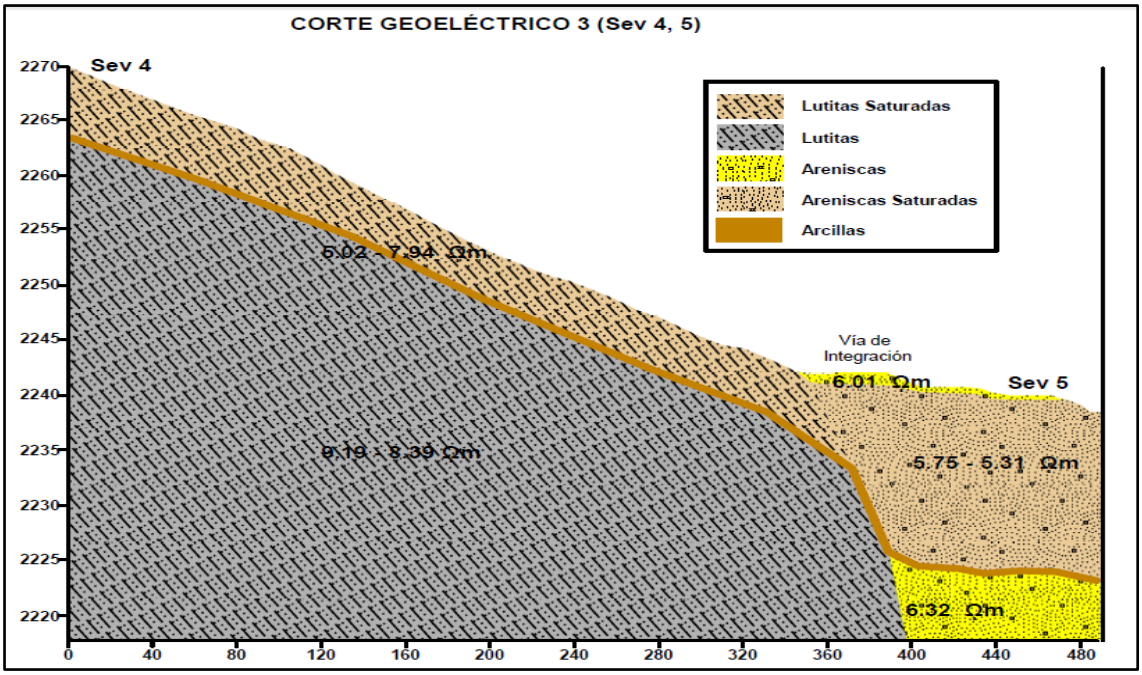


Figura 25. Corte Geoeléctrica de las líneas 4, 5

Fuente: El autor

ANEXO 14. Resultados del Ensayo de Penetración Estándar

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.e-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : TESIS

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOJA — MUESTRA POZO 1
FECHA : JULIO-2014 — OPERADOR: O.C — PROFUND. 1,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		65,05	55,51	19,95	26,83	
		65,28	57,00	25,87	26,60	26,71
2.- LIM. LÍQUIDO	33	37,31	33,99	27,73	53,04	
	27	33,65	30,65	25,19	54,95	
	22	35,30	31,69	25,27	56,23	
	16	30,03	26,36	20,15	59,10	55,38
3.- LIM. PLÁSTICO		23,94	22,99	20,16	33,57	
		23,29	22,37	19,60	33,21	33,39

4.-GRANULOMETRÍA

PESO IN= 115,95 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 91,5

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	2,45	2,7	97
No. 4	1,63	4,5	96
No. 10	1,94	6,6	93
No. 40	18,00	26,2	74
No. 200	20,60	48,8	51

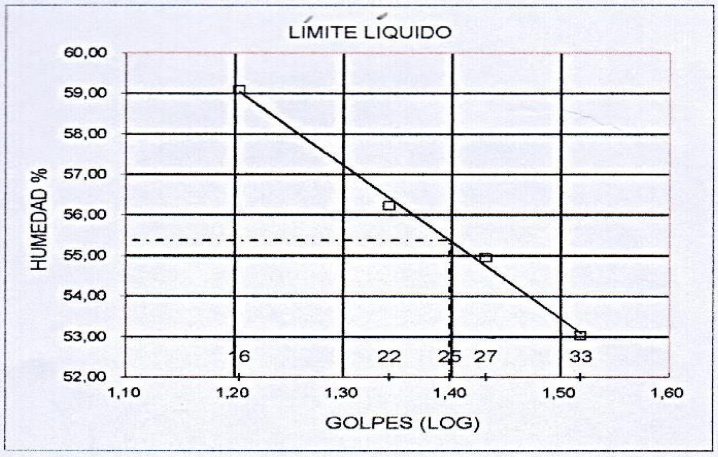
COLOR= CAFÉ AMARILLENTO

5.- CLASIFICACIÓN.-

GRAVA= 4 %
ARENA= 44 %
FINOS= 51 %

LL = 55,00 %
LP = 33,00 %
IP = 22,00 %

CLASIFICACIÓN:
SUCS = MH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 9
IG(45)= 9



Ing. Diego Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : TESIS

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOJA — MUESTRA POZO 1
FECHA : JULIO-2014 — OPERADOR: O.C — PROFUND. 2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		57,44	46,23	19,81	42,43	
		51,09	41,89	19,91	41,86	42,14
2.- LIM. LÍQUIDO	33	36,02	31,33	25,60	81,85	
	27	35,66	31,90	27,42	83,93	
	22	35,12	30,62	25,43	86,71	
	16	34,47	30,11	25,26	89,90	84,98
3.- LIM. PLÁSTICO		24,30	22,96	19,76	41,88	
		24,89	23,38	19,79	42,06	41,97

4.-GRANULOMETRÍA

PESO IN= 107,20 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 75,4

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,79	1,0	99
No. 10	3,61	5,8	94
No. 40	7,38	15,6	84
No. 200	12,56	32,3	68

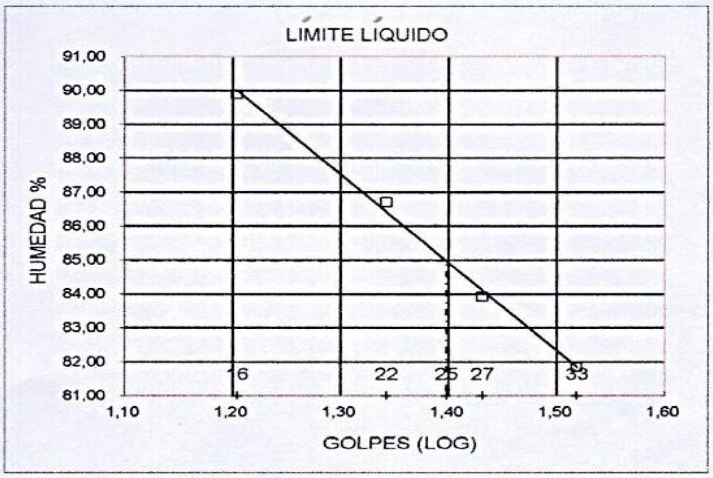
COLOR= CAFÉ AMARILLENTO

5.- CLASIFICACIÓN.-

GRAVA= 1 %
ARENA= 31 %
FINOS= 68 %

LL = 85,00 %
LP = 42,00 %
IP = 43,00 %

CLASIFICACIÓN:
SUCS = MH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 31
IG(45)= 18



Ing. Diego M. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.e-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : TESIS

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOJA — MUESTRA POZO 1
FECHA : JULIO-2014 — OPERADOR: O.C — PROFUND. 3,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		61,40	48,18	19,20	45,62	
		60,42	47,97	20,81	45,84	45,73
2.- LIM. LÍQUIDO	33	37,62	31,91	25,42	87,98	
	27	30,50	25,64	20,23	89,83	
	22	30,22	25,24	19,78	91,21	
	16	34,63	30,09	25,28	94,39	90,37
3.- LIM. PLÁSTICO		23,89	22,43	19,12	44,11	
		24,34	22,83	19,37	43,64	43,88

4.-GRANULOMETRÍA

PESO IN= 109,57 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 75,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,68	0,9	99
No. 10	1,74	3,2	97
No. 40	5,44	10,5	90
No. 200	8,96	22,4	78

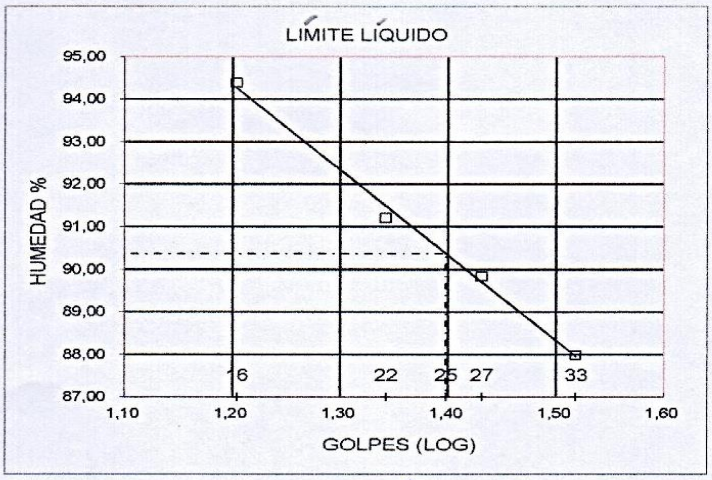
COLOR= CAFÉ AMARILLENTO

5.- CLASIFICACIÓN.-

GRAVA= 1 %
ARENA= 21 %
FINOS= 78 %

LL = 90,00 %
LP = 44,00 %
IP = 46,00 %

CLASIFICACIÓN:
SUCS = MH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 42
IG(45)= 20



Ing. Eduardo Castillo

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría
LABORATORIO
Loja-Ecuador

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.e-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : TESIS

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : LOJA — MUESTRA POZO 1
FECHA : JULIO-2014 — OPERADOR: O.C — PROFUND. 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		60,54	51,32	27,65	38,95	
		62,22	52,60	27,83	38,84	38,89
2.- LIM. LIQUIDO	33	35,33	30,90	25,85	87,72	
	28	34,70	30,29	25,31	88,55	
	22	27,72	23,67	19,15	89,60	
	17	28,85	24,58	19,90	91,24	89,12
3.- LIM. PLÁSTICO		27,98	25,65	19,68	39,03	
		28,22	25,95	20,11	38,87	38,95

4.-GRANULOMETRÍA

PESO IN= 114,02 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 82,1

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,27	0,3	100
No. 10	2,61	3,5	96
No. 40	5,29	10,0	90
No. 200	5,10	16,2	84

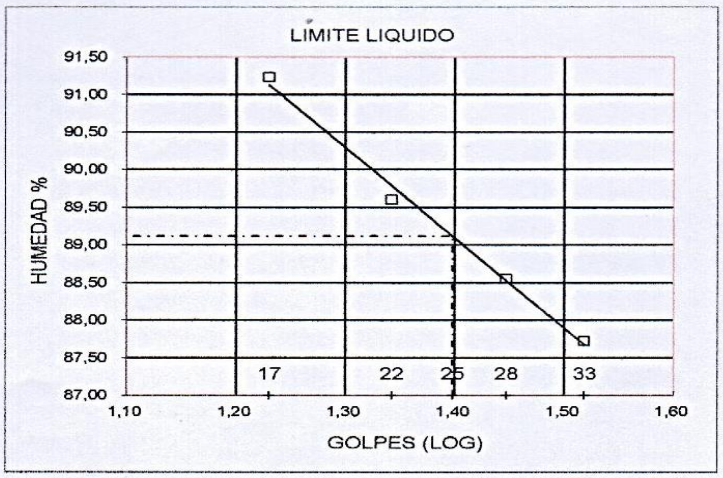
COLOR= CAFÉ AMARILLENTO

5.- CLASIFICACIÓN.-

GRAVA= 0 %
ARENA= 16 %
FINOS= 84 %

LL = 89,00 %
LP = 39,00 %
IP = 50,00 %

CLASIFICACIÓN:
SUCS = MH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 49
IG(45)= 20



Ing. Diego H. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio
Construcción y Consultoria
Loja-Ecuador

RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENSIAS OBTENIDAS

ESTSUELCON CIA. LTDA.

PROYECTO: **TESIS**

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS

SOLICITADO POR: Sr. Dario Fajardo

REALIZADO POR: Ing. Diego I. Castillo

OBRA	POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFI	CLASIFI	GOLPES N			N30	qa
		m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	Kg/m2
CIMENTACIÓN	1	1,00	26,71	55	33	22	4	44	52	MH1	A-7-5	7	11	13	24	307
CIMENTACIÓN	1	2,00	42,14	85	42	43	1	31	68	MH1	A-7-5	9	10	11	21	273
CIMENTACIÓN	1	3,00	45,43	90	44	46	1	21	78	MH1	A-7-5	15	16	17	33	467
CIMENTACIÓN	1	4,00	38,89	89	39	50	0	16	84	MH1	A-7-5	17	18	20	38	588

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría
Ing. Diego I. Castillo
CONSULTOR

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

HOJA 1

PROYECTO:	**TESIS**		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	BOLONIA-LOJA	POZO No.	1,00
FECHA:	JULIO-201 OPERADOR: C.F.G.C.	PROFUND. (m	3,00

DATOS DE LA MUESTRA:

DIÁMETRO:	3,77	cm.
ALTURA :	6,81	cm.
AREA :	11,16	cm2.
VOLUMEN :	76,02	cm3.
PESO :	128,31	gr.
DENSIDAD:	1,69	gr/cm3

CONTENIDO DE HUMEDAD:

Peso Hum. :	70,38
Peso Seco :	59,04
Peso Cap. :	33,25
w (%) :	43,97

CONSTANTE DE CARGA

K = 1,0000

DATOS DE LA PRUEBA:

Dial de Deform. mm	Dial Carga	Deform. Unit. (%)	Carga (kg)	Area Corrg. (cm²)	Tension Desviante (Kg/cm²)
0,0	0	0,00	0,00	11,16	0,00
0,5	0,16	0,73	16,31	11,25	1,45
1,0	0,28	1,47	28,54	11,33	2,52
2,0	0,31	2,94	31,60	11,50	2,75
3,0	0,27	4,41	27,52	11,68	2,36

RESULTADOS : COMPRESIÓN SIMPLE: (Kg/cm²) = 2,75

ESTSUELCON CÍA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

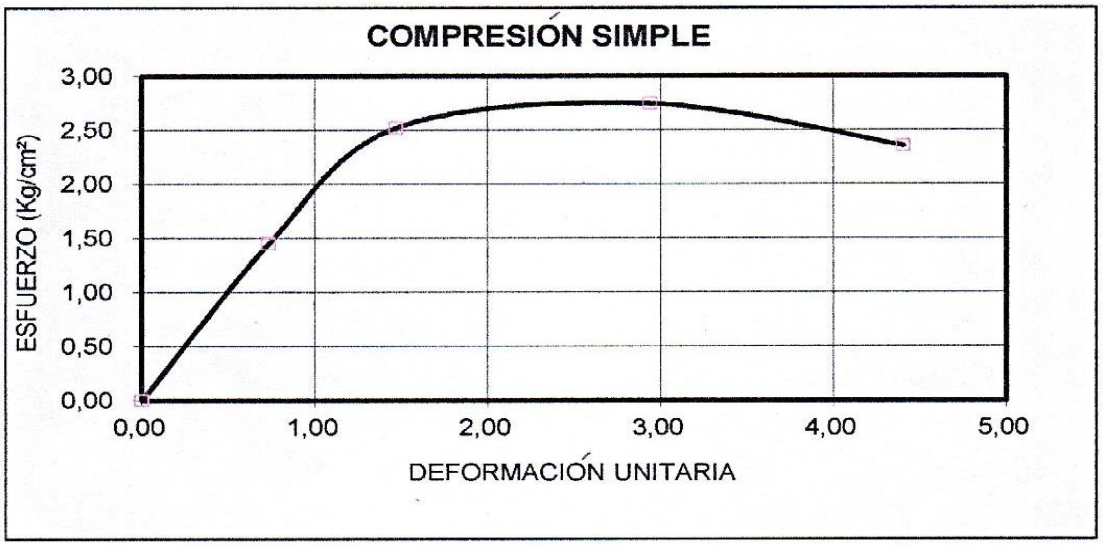
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

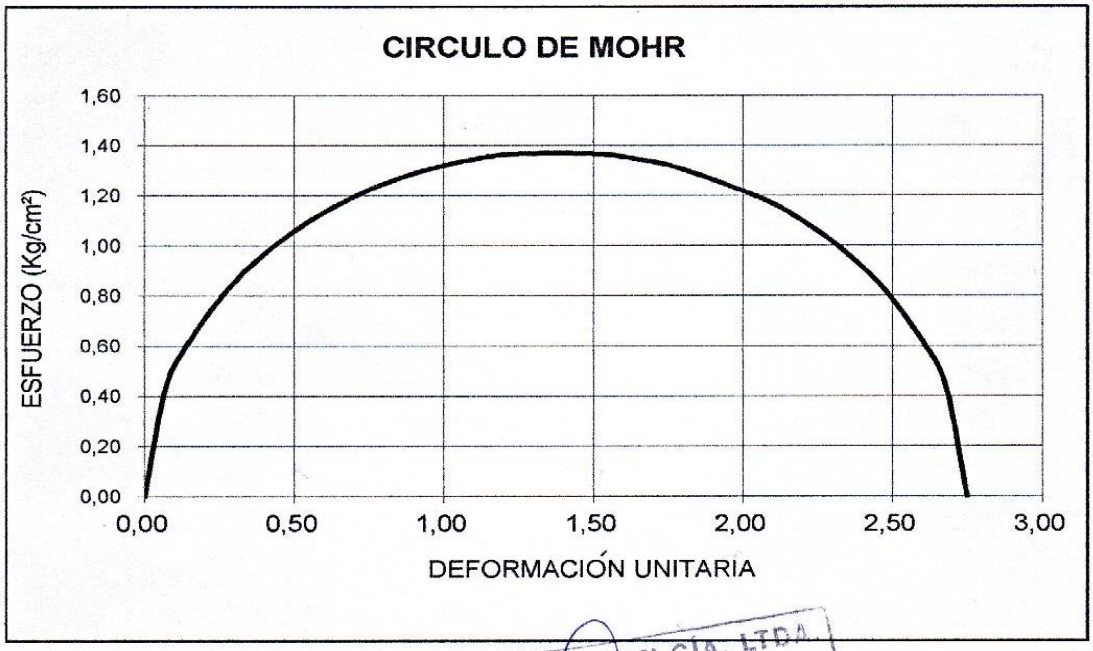
-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

HOJA 2

PROYECTO:	TESIS				
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS				
LOCALIZ.:	BOLONIA-LOJA			MUESTRA No.	1,00
FECHA:	JULIO-2014	OPERADOR:	C.F.G.C.	PROFUND. (m	3,00





ESTSUELCON CIA. LTDA. Ingenieros, Laboratorio, Estudios de Suelos y Consultoría Cuenca - Ecuador

Ing. Diego F. Castillo
LABORATORIO

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD