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"

"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR MENFIS CENTRAL HASTA EL BARRIO OBRAPÍA"

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO GEÓLOGO AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

AUTOR: *LUIS ESTALIN CASTRO MENDOZA*

DIRECTOR: *ING. WALTER SIMÓN TAMBO ENCALADA, MG. SC.*

FECHA: 19/11/2014

LOJA- ECUADOR

2014

CERTIFICACIÓN

Loja, 27 de Octubre de 2014.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa **en "SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR MENFIS CENTRAL HASTA EL BARRIO OBRAPÍA"**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor egresado: **Luis Estalin Castro Mendoza**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **Luis Estalin Castro Mendoza**, declaro ser autor del presente proyecto de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y 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-Bibliotecario Virtual.

Autor: Luis Estalin Castro Mendoza.
Cédula: 1900707546
Fecha: 19/11/2014

f.)…….
Luis Estalin Castro Mendoza

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

Yo, **Luis Estalin Castro Mendoza**, declaro ser autor de la tesis titulada: **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR MENFIS CENTRAL HASTA EL BARRIO OBRAPÍA",** como requisito para optar al grado de **''Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial''**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, a los diecinueve días del mes de noviembre en la cuidad de Loja firma el autor.

Firma:

Autor: Luis Estalin Castro Mendoza

Cédula: 1900707546

Dirección: La Argelia (Teodoro Wolf y Alexander Von Humbolt)

Correo Electrónico: thalo_castro@hotmail.com

Teléfono: 3060871 Celular: 0994380769

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Walter Tambo Encalada, Mg. Sc.

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

Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg. Sc.

Dra. Silvia Catalina Loaiza Ambuludi, Ph. D.

AGRADECIMIENTO.

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi apoyo y fortaleza en momentos de debilidad y por haberme brindado una vida llena de personas buenas y sobre todo llena de felicidad.

Le doy gracias a mi madre Fani Mendoza, por su apoyo incondicional y sus consejos que me sirvieron para alcanzar esta meta con determinación y alegría.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad de mi familia. A mi padre Luis Castro por haberme dado la vida y a verme formado como persona de bien.

Agradezco de forma especial al Ing. Walter Tambo Encalada, Director de mi tesis de grado por la guía y apoyo durante el proceso de desarrollo de la misma, de igual manera a todos los docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, por haber inculcado en mi buenos valores y grandes conocimientos.

DEDICATORIA

A Dios por su inmensa misericordia y bondad al darme la salud y el consuelo en los momentos difíciles que afronte en esta etapa de mi vida, ayudándome a salir adelante y no darme por vencido jamás.

De igual forma, dedico esta tesis de manera especial a mi madre Isabel Mendoza que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis tres hermanos Jheisson, Blonder y Wilson que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi padre Luis Castro, a pesar que no lo tuve cerca fue parte importante para alcanzar este logro en mi vida.
A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.

Finalmente se la dedico a mi novia Gabriela Quezada, por su apoyo incondicional y sus buenos deseos para mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Núm. **Pág.**

CERTIFICACIÓN ---------- II

AUTORÍA---------- III

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

AGRADECIMIENTO.---------- V

DEDICATORIA ---------- VI

ÍNDICE DE CONTENIDOS---------- VII

ÍNDICE DE TABLAS ---------- XI

SUMMARY.---------- XVII

1. TEMA ---------- 1

2. INTRODUCCIÓN ---------- 2

3. PROBLEMÁTICA---------- 3

4. JUSTIFICACIÓN---------- 5

5. OBJETIVOS ---------- 6

5.1. Objetivo General ---------- 6

5.2. Objetivos Específicos. ---------- 6

6. MARCO TEÓRICO---------- 7

6.1. Topografía ---------- 7
6.1.1. Tipos de levantamiento. ---------- 7

6.2. Geología ---------- 8

6.3. Geofísica ---------- 9
6.3.1. Sondeos Eléctricos Verticales ---------- 11

6.4. Susceptibilidad ---------- 12

6.5. Movimientos de masa. ---------- 14
6.5.1. Clasificación de los movimientos de masa. ---------- 15
6.5.2. Deslizamientos ---------- 17
6.5.2.1. Tipos de deslizamientos. ---------- 18
6.5.2.2. Partes de un deslizamiento. ---------- 19
6.5.2.3. Nomenclatura del deslizamiento. ---------- 20

6.6. Sistemas de Información Geográfica (SIG) ---------- 22
6.6.1. Historia de los SIG en análisis de susceptibilidad a deslizamientos. --- 22

7. MATERIALES Y MÉTODOS ---------- 24

7.1. Materiales utilizados ---------- 24

7.2. Metodología ---------- 24

7.3. Metodología para el primer objetivo: ---------- 24
7.3.1. Metodología para el segundo objetivo: ---------- 25
7.3.2. Metodología para el tercer objetivo: ---------- 26
7.3.3. Metodología para el cuarto objetivo: ---------- 29

8. RESULTADOS ---------- 35

8.1. Datos generales. ---------- 35
8.1.1. Ubicación y acceso ---------- 35

8.1.3. Uso del Suelo ---------- 37
8.1.4. Datos socio – económicos. ---------- 37

8.2. Resultados Específicos ---------- 38
8.2.1. Topografía ---------- 38
8.2.2. Geología Regional ---------- 38
8.2.3. Geología local ---------- 40
8.2.4. Geomorfología ---------- 41
8.2.5. Pendiente. ---------- 44
8.2.6. Cobertura Vegetal ---------- 45
8.2.7. Inventario de deslizamientos. ---------- 46
8.2.8. Interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales – SEV ---------- 49
8.2.9. Perfiles geoeléctricos de los sondeos eléctricos verticales (SEV) ------ 61
8.2.10. Susceptibilidad a deslizamientos. ---------- 70
8.2.11. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles ---------- 73

9. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO ---------- 77

9.1. Geología ---------- 77
9.1.1. Introducción ---------- 77

9.2. Geotecnia ---------- 79
9.2.1. Características generales de las unidades geotécnicas ---------- 79

9.3. Resumen y valoración geológica-geotécnica ---------- 86

9.4. Metodología de cálculo de taludes. ---------- 89

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ---------- 93

11. CONCLUSIONES ---------- 97

12. RECOMENDACIONES ---------- 100

13. BIBLIOGRAFÍA ---------- 101

ANEXOS ----------105

ÍNDICE DE TABLAS

Núm. **Pág.**

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS CON BASE EN LA OBSERVACIÓN DE LA MORFOLOGÍA DEL TERRENO (CROZIER, 1986). ---------- 14
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE MASA DE ACUERDO A VARNES (1978) ---------- 17
TABLA 3. ABERTURAS ASIGNADAS PARA EL PRESENTE TRABAJO DE LOS TRASMISORES AB Y LOS RECEPTORES MN PARA EL MÉTODO SCHLUMBERGER. ---------- 28
TABLA 4. CRITERIOS PARA DETERMINAR EL GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS DESLIZAMIENTOS (SARKAR Y KANUNGO, 2004). ---------- 32
TABLA 5. TABLA UTILIZADA PARA LA VALORACIÓN EN LA CONDICIÓN INTRÍNSECA Y SUS VARIABLES. ---------- 33
TABLA 6. PESOS DE CRITERIOS USANDO EL MÉTODO DE SUMA DE RANGO. ---------- 34
TABLA 7. PESOS DE CRITERIOS USANDO EL MÉTODO DE VALOR ESPERADO. ---------- 34
TABLA 8. LOS CLIMAS TÉRMICOS DEL CANTÓN LOJA. ---------- 36
TABLA 9. LITOLOGÍA DEL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. ---------- 40
TABLA 10. GRADO DE PENDIENTE UTILIZADO PARA DETERMINAR LA GEOMORFOLOGÍA. ---------- 41
TABLA 11. COLORES ESTABLECIDOS PARA LOS POLÍGONOS DE LAS UNIDADES SEGÚN CARVAJAL 2002. ---------- 42
TABLA 12. VARIABLES DE PENDIENTE, GÉNESIS Y LITOLOGÍA DE LAS UNIDADES MORFOLÓGICAS. ---------- 43
TABLA 13. GEOMORFOLOGÍA DEL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. 44
TABLA 14. CLASIFICACIÓN DEL ÁNGULO DE PENDIENTE (DEMEK, 1972) - 44
TABLA 15. CLASIFICACIÓN MODIFICADA POR EL AUTOR EN BASE A DEMEK, 1972. ---------- 45
TABLA 16. PENDIENTE DEL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. ---------- 45

TABLA 17. COBERTURA VEGETAL DEL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. ---------- 46
TABLA 18. CLASIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS. ---------- 47
TABLA 19. RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS DESLIZAMIENTOS INVENTARIADOS. ---------- 48
TABLA 20. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA LÍNEA SEV. ---------- 49
TABLA 21. LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 1 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 50
TABLA 22. LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 2 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 52
TABLA 23. LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 3 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 54
T**ABLA 24.** LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 4 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 56
TABLA 25. LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 5 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 58
TABLA 26. LECTURAS DE RESISTIVIDADES DEL SEV 6 OBTENIDAS EN EL CAMPO.---------- 60
TABLA 27. JERARQUIZACIÓN DE LOS COMPONENTES EN EL ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. ---------- 72
TABLA 28. CLASES DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DEL SECTOR MENFIS CENTRAL-OBRAPÍA. ---------- 75
TABLA 29. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN Y POSIBLE CATALOGACIÓN DE ARCILLAS EXPANSIVAS ---------- 82
TABLA 30. VALORACIÓN DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS. VALENCIA CAROLINA. 2008---------- 88

ÍNDICE DE FIGURAS

Núm. **Pág.**

FIGURA 1. CAÍDA DE ROCAS (VARNES, 1996)---------- 15
FIGURA 2. BASCULAMIENTO DE COLUMNAS DE ROCA (VARNES, 1996)--- 16
FIGURA 3. SEPARACIÓN LATERAL (VARNES, 1978) ---------- 16
FIGURA 4. FLUJO DE DETRITOS (SKINNER & PORTER, 1992) ---------- 17
FIGURA 5. DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES (SKINNER & PORTER, 1992) ---------- 18
FIGURA 6. DESLIZAMIENTO TRANSLACIONAL (SKINNER & PORTER, 1992)18
FIGURA 7. PARTES DE UN DESLIZAMIENTO (VARNES, 1978). ---------- 19
FIGURA 8. ELEMENTOS MORFOLÓGICOS Y MORFOMÉTRICOS DE UN DESLIZAMIENTO, TOMADO DE GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2002. ---------- 20
FIGURA 9. ELEMENTOS MORFOLÓGICOS Y MORFOMÉTRICOS DE UN DESLIZAMIENTO, TOMADO DE GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2002. ---------- 22
FIGURA 10. MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.---------- 24
FIGURA 11. LEVANTAMIENTO DE LA TOPOGRAFÍA EN EL CAMPO. ---------- 25
FIGURA 12. TOMA DE DATOS ESTRUCTURALES EN LOS AFLORAMIENTOS. ---------- 26
FIGURA 13. TOMA DE LECTURAS DE RESISTIVIDAD CON EL EQUIPO SYSCAL R1 PLUS. ---------- 27
FIGURA 14. UBICACIÓN DE ELECTRODOS EN EL CAMPO.---------- 27
FIGURA 15. EXPLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA ¨SUMA PONDERADA¨ ---- 33
FIGURA 16. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO. ---------- 35
FIGURA 17. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 50
FIGURA 18. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 1.---------- 51
FIGURA 19. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 52
FIGURA 20. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 2.---------- 53

FIGURA 21. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 54
FIGURA 22. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 3.---------- 55
FIGURA 23. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 56
FIGURA 24. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 4.---------- 57
FIGURA 25. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 58
FIGURA 26. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 5.---------- 59
FIGURA 27. RESISTIVIDAD APARENTE (P), ESPESOR (H), Y PROFUNDIDAD TOPE (D). ---------- 60
FIGURA 28. CURVA DE RESISTIVIDAD APARENTE DEL SEV 6.---------- 61
FIGURA 29. PERFILES GEOELÉCTRICOS DE LOS SEV 1, 2 Y 3 DE IZQUIERDA A DERECHA.---------- 62
FIGURA 30. PERFILES GEOELÉCTRICOS DE LOS SEV 4, 5 Y 6 DE IZQUIERDA A DERECHA.---------- 63
FIGURA 31. CORTE GEOELÉCTRICO DE LOS SEV 1, 2 Y 3 UBICADOS EN LA PARTE OESTE DEL SECTOR DE ESTUDIO.---------- 66
FIGURA 32. CORTE GEOELÉCTRICO DE LOS SEV 4, 5 Y 6 UBICADOS EN LA PARTE ESTE DEL SECTOR DE ESTUDIO. ---------- 67
FIGURA 33. CORTE GEOELÉCTRICO DEL SEV 3 Y 4. ---------- 68
FIGURA 34. CONDICIONES Y VARIABLES EMPLEADAS EN EL ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS.---------- 71
FIGURA 35. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCIÓN DEL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS.---------- 74
FIGURA 36. SIMBOLOGÍA DE LA UNIDA GEOTÉCNICA 1. ---------- 80
FIGURA 37. SIMBOLOGÍA DE LA UNIDAD GEOTÉCNICA 2. ---------- 83
FIGURA 38. POTENCIA DE LOS MATERIALES (CONGLOMERADOS Y ARENISCAS)---------- 84
FIGURA 39. DATOS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (FS). ---------- 90
FIGURA 40. DATOS PARA EL CÁLCULO DE CIMENTACIÓN. ---------- 91

RESUMEN

El presente proyecto de tesis está destinado al estudio de la susceptibilidad a deslizamientos, mismos que pueden afectar de una manera negativa a la estabilidad de vida de los pobladores y a los proyectos urbanísticos en ejecución en el Sector Menfis Central hasta el Barrio Obrapía, el mismo que se encuentra inmerso en la Parroquia Sucre, perteneciente al Cantón y Provincia de Loja.

Para la ejecución de este estudio se realizó un conjunto de parámetros técnicos tanto en la obtención de los datos necesarios en el campo como la interpretación de los mismo en la oficina, entre los parámetros obtenidos en el campo, están: la topografía, geología, geomorfología y uso del suelo del sector, mientras que en la oficina se obtuvo el parámetro de ángulo de pendiente, también se llevó a cabo geofísica, específicamente sondeos eléctricos verticales (SEV), con el propósito de conocer la presencia de agua en el sector y la resistividad de los materiales para correlacionar o verificar la geología levantada anteriormente. Otro parámetro adicional fue el inventario de deslizamientos que se lo realizó con el fin de conocer el número de deslizamientos presentes en el sector tanto como sus medidas morfométricas, también sirvió para identificar las áreas afectadas por los mismos y las zonas que podrían verse afectadas por nuevos desates de deslizamientos.

El proceso de asignación de pesos a las variables para el mapa de susceptibilidad se lo hizo por medio de la suma de rangos y valor esperado que corresponden al método estadístico, agrupando a las variables en las siguientes condiciones: intrínseca (geología, geomorfología y ángulo de pendiente) y biológica (Cobertura vegetal y área de influencia de la red hídrica).

Ya en lo que se refiere a la interpretación de la susceptibilidad a deslizamientos se lo realizó con el resultado generado por medio del análisis de la condición intrínseca y bilógica procesados en el Software ArcGis 10.1, de esta manera se

determinó las zonas del sector de estudio donde existe mayor o menor grado de susceptibilidad a deslizamientos.

Para complementar el estudio y dar mayor peso a nuestros resultados obtenidos, se efectuó un estudio geológico – geotécnico del sector, para lo cual se realizó un ensayo de penetración estándar (SPT) a una profundidad de 6 metros, con el fin de conocer las propiedades geotécnicas de los materiales existentes, como es la capacidad portante de los materiales (*q´* admisible), lo cual permitió proponer una metodología de cálculo al momento de determinar las dimensiones de los cimientos de cualquier obra ingenieril que se quiera llevar a cabo en este sector, así como también la metodología para calcular el factor de seguridad de un talud.

SUMMARY

The present thesis project is destined for the study of the susceptibility for slides, the same ones that they can affect in a negative way to the stability of life of the settlers and to the town-planning projects in execution in the Sector Menfis Central up to the neighborhood Obrapía, the same one that is immersed in the parish Sucre, belonging to the Canton and Province of Loja.

For the execution of this study a set of technical parameters was realized so much in the securing of the necessary information in the field as the interpretation of the same in the office, between the parameters obtained in the field they are, the topography, geology, geomorphology and use of the soil of the sector, while in the office the earring angle parameter was obtained, also geophysics was carried out, specially vertical electrical opinion polls (SEV), with the intention of knowing the water presence in the sector and the resistivity of the materials to correlate or to verify the geology raised previously. Another additional parameter was the inventory of slides that realized it in order to know the number of present slides in the sector so much like its measurements morfométricos, also it served to know the areas affected by the same ones and the areas that might turn affected by new slides.

In the process of making of the map of susceptibility the most suitable and accessible method was applied for the author, in this case the heuristic method, grouping to the variables in the following conditions: intrinsic (geology, geomorphology and angle of earring) and biological (Use of the soil and area of influence of the water network), for the allocation of the pesos in the analysis both for the variables and of two conditions we rest on the method of the sum of status and of the awaited value.

Already as for the interpretation of the susceptibility to slides it is realized by the result generated by means of the analysis of the intrinsic and biological condition

processed in the Software ArcGis 10. 1, this way one determined the areas of our sector of study where major or less susceptibility grade exists to slides.

To complement the study and to give major weight to our obtained results, a geologic study was carried out – geotechnical of our sector, for which there was realized an test of standard penetration (SPT) to a 6 m depth, in order to know the properties geotechnical of the existing materials, since it is the capacity amble of the materials (q admissible), which allowed to propose a calculation methodology at the moment of determining the dimensions of the foundations of any work civil that it is about to carry out in this sector, as well as also the methodology to calculate the safety factor of a slope.

1. TEMA

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR MENFIS CENTRAL HASTA EL BARRIO OBRAPÍA”

2. INTRODUCCIÓN

El constante mejoramiento en las normas vigentes en el Ecuador para la zonificación y ordenamiento del territorio, ha promovido que se hagan cada día más indispensables los estudios de susceptibilidad a deslizamientos, estos estudios contribuyen de manera transcendental al Ordenamiento Territorial.

El sector de estudio se encuentra ubicado en el cantón Loja, perteneciente a la provincia de Loja; Sur del Ecuador, presenta relieves suavizados compuestos por arcillas, limos con alto contenido de humedad y depósitos conglomeraticos.

Los estudios de susceptibilidad a deslizamiento en años atrás se han venido realizando de manera poco frecuente, esto está cambiando en la actualidad por el incremento de la población que habita en zonas inestables o susceptibles a deslizamientos. De tal manera que si estos estudios se implementan a cabalidad, los daños y pérdidas humanas y económicas por deslizamientos se reducirían considerablemente.

De los cuatro deslizamientos encontrados en el sector de estudio, dos son traslacionales y dos son rotacionales, compuestos en su totalidad de arcillas y limos totalmente saturados de agua, esto debido a que el nivel freático se encuentra a una profundidad de entre los 5 a 6 metros haciendo de estas zonas las más susceptibles a este tipo de fenómeno geológico. El estado saturado de las arcillas y limos hace que su capacidad portante sea inferior a la capacidad portante de los conglomerados, ya que su capacidad es de 40 ton/m^2 mientas que la de los conglomerados es de 110 ton/m^2.

Este tipo de movimientos en masa son uno de los eventos geológicos con más incidencia en la ocurrencia de desastres y generación de pérdidas humanas y económicas, sin embargo la mayoría de la población no tiene conocimiento de su relevancia, de tal manera que en su mayor porcentaje los deslizamientos pueden ser evitados o mitigados por medio estudios de susceptibilidad entre otros, situación que no se ve reflejada en la vida diaria por la falta de capacitación y concientización por parte de las autoridades hacia los pobladores.

3. PROBLEMÁTICA

La ciudad de Loja por estar caracterizada con litología en su mayoría sedimentaria y por la acción de los factores desencadenantes presentes en la Región se ve muy afectada por la presencia de deslizamientos, a la vez que estos fenómenos de remoción de masa se constituyen en un elemento fundamental para realizar una buena gestión de riesgos y consecuentemente un Ordenamiento Territorial.

El acelerado crecimiento poblacional de la Ciudad de Loja[1] como lo respalda el censo de población y vivienda realizado en el año 2010, nos da una cifra de 180.616 personas que sería el 100% de la población de la Ciudad de Loja, de las cuales en nuestro sector de estudio radican 300 personas siendo el 0.16% de la población de la Ciudad de Loja, este incremento en la población es un elemento que ha influido de manera considerable para que la personas estén construyendo sus viviendas en lugares con alta susceptibilidad a deslizamiento, sin tener un conocimiento adecuado de los riesgos que esto pueda ocasionar.

El sector de estudio consta de una área de influencia de 200 metros a cada borde de la vía de integración barrial, los factores para la ocurrencia de deslizamientos tienen que ver con su litología (Formación Belén y el Trigal) ya que como se menciona consta de rocas sedimentarias, sumado a esto el factor antrópico como la infiltración del agua que utilizan los pobladores para la irrigación de sus cultivos y la descarga de aguas residuales directamente al terreno debido a la falta de un sistema de alcantarillado, esto provoca que la zona sea un lugar muy susceptible a deslizamientos, ya que la infiltración de agua hace que los suelos se saturen y pierdan su estabilidad natural provocando la aparición y ocurrencia de deslizamientos.

En consecuencia al carecer de estudios sobre susceptibilidad a deslizamientos genera un vacío al momento de realizar un adecuado Ordenamiento Territorial. Al realizar este tipo de estudios se busca evitar pérdida de vidas humanas y a su vez

[1] VII Censo de población y VI de vivienda (2010). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Ecuador.

pérdidas económicas por destrucción de todo lo referente a infraestructura vertical y horizontal.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de tesis tiene como fin evaluar la susceptibilidad a deslizamientos con el fin de generar información a detalle y así poder prevenir un desastre donde se puedan evitar pérdidas humanas y económicas. De la misma manera pretende ayudar a las diferentes entidades correspondientes en la toma de decisiones al momento de otorgar permisos de construcción en zonas susceptibles o a la reubicación de la población asentada en lugares con un grado alto de susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, de esta manera se podrá ir adoptando medidas correctivas y preventivas de acuerdo a la realidad del sector y sobre todo que sirva como base para los futuros estudios de Ordenamiento Territorial que logren mantener el equilibrio entre los recursos naturales y la población, lo cual logrará minimizar la posibilidad de ocurrencia de estos eventos o en última instancia disminuir el daño que estos pudiesen provocar.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- Realizar el mapa de susceptibilidad de deslizamientos del área de influencia a 200 metros de la vía de Integración Barrial correspondiente al tramo desde Menfis Central hasta el Barrio Obrapía.

5.2. Objetivos Específicos.

- Desarrollar el levantamiento topográfico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía de Integración Barrial.

- Realizar el levantamiento geológico a detalle del área de influencia, identificando los principales rasgos litológicos así como sus características geomorfológicas y estructurales

- Definir mediante geofísica, a través de sondeos eléctricos verticales SEV las zonas con mayor presencia de agua.

- Elaborar el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Topografía[2]

"La Topografía es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos." [3]

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

La Topografía ha tenido gran importancia desde el principio de la civilización. Sus primeras aplicaciones fueron las de medir y marcar los límites de los derechos de propiedad.

A través de los años su importancia ha ido en aumento al haber una mayor demanda de diversos mapas y planos, y la necesidad de establecer líneas y niveles más precisos como una guía para las operaciones de construcción.

Los topógrafos actuales pueden medir y observar la tierra y sus recursos naturales literalmente sobre una base global, utilizando las modernas tecnologías terrestres, aéreas y por satélite, así como las computadoras para el procesamiento de datos.

6.1.1. Tipos de levantamiento.

Un levantamiento topográfico es una representación gráfica, la cual cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto en

[2] RUSSELL C. BRINKER, Topografía, Novena edición, pág. 1
[3] FREDERICK S. MERRIT, Manual del Ingeniero Civil, Cuarta edición, Tomo I, pág. 12.1

el terreno, ya que éste proporciona una representación completa del relieve y de las obras existentes.

Permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno, tales como ríos, lagos, caminos, etc.; y las diferencias de altura de los diferentes relieves, tales como valles, llanuras, colinas o pendientes.

Dentro de la topografía se pueden realizar diferentes tipos de levantamientos, los cuales son los siguientes:

- Levantamientos de tipo general (lotes y parcelas)
- Levantamiento longitudinal o de vías de comunicación
- Levantamientos de minas
- Levantamientos hidrográficos
- Levantamientos catastrales y urbanos
- Levantamientos topográficos de mediana extensión
- Levantamientos para proyectos de ingeniería
- Levantamientos terrestres, aéreos y por satélite
- Levantamientos de control
- Levantamientos de construcción

6.2. Geología[4]

Actualmente, se considera a la Geología como una ciencia con unas características y metodología propias, que la diferencian netamente de las Ciencias Exactas. Si admitimos como definición de ciencia exacta aquella que solo admite hechos demostrados, la Geología, aunque no tiene ese carácter, lleva camino de convertirse en tal, aunque en su caso los hechos no se puedan demostrar siempre con la evidencia de los procesos matemáticos.

[4] Santiago Castaño Fernández, CONCEPTO Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA GEOLOGÍA.

Muchos geólogos se han preocupado a lo largo de la historia del Concepto y la Filosofía de la Geología; coinciden su mayoría en un elemento de la misma: su carácter de Ciencia Histórica:

"La Geología fue la primera ciencia a la que le importo la historia de la naturaleza más que su orden. Aquel carácter histórico hizo de la Geología un tipo de ciencia diferente que fue apreciado desde sus inicios" **(Ch. C. Gillispie, 1951).**

"La Geología es Historia. Quizá más que cualquier característica única, el factor tiempo distingue a la geología de otras ciencias" **(J. Sheldon, 1958).**

"La Geología es esencialmente una ciencia histórica y difiere de la física, de la Química y de la Biología en que son limitadas a sus posibilidades para experimentar" **(R. W. van Bemmelen, 1961).**

6.3. Geofísica

Por definición, Geofísica es la aplicación de los principios y prácticas de la Física para la resolución de los problemas relacionados con la Tierra. Puede decirse que surgió de la Física y de la Geología. [5]

Los primeros filósofos naturales se interesaban por todas la manifestaciones de la realidad, sin embargo, a medida que progresaban las ciencias, comenzaron las especializaciones, es así que originalmente las ciencias se subdividieron en cuatro ramas fundamentales: La Química que estudia las propiedades de la materia, la Física que estudia las fuerzas que actúan sobre la materia, la Geología que estudia la materia como se presenta en la Tierra y la Biología que estudia la materia en los organismos vivientes. Luego se agregaron la Astronomía que se ocupa del resto del universo y las Matemáticas que estudia las formas y los números.

[5] Luis A. Estrada. *Geofísica – FACET – UNT – Sismología para Ingenieros, pag. 2.*

Consideradas así, las ciencias pueden ser representadas en un tetraedro como el de la figura. Toda ciencia comienza con la observación de un fenómeno y luego trata de explicarlo. Con el aporte de tecnología efectúa mediciones y lo justifica. Así la Geofísica surgió como una necesidad de justificar los fenómenos observados por la Geología.

En sus inicios la Geofísica se subdividía en Meteorología, Hidrología, Oceanografía, Sismología, Vulcanología, Geomagnetismo, Geodesia, Geodinámica, Glaciología, Geotermia y Geocronología.

Incluso llegó a llamársela Geofísica de Tierra Sólida, Húmeda y Gaseosa. Hoy, muchas de las ciencias mencionadas tuvieron tan rápido crecimiento que les permitió independizarse de la Geofísica.

El objetivo principal y actual de la Geofísica es la determinación de la estructura y composición de la Tierra, así como la historia de sus variaciones pasadas, presentes y futuras. Obviamente este objetivo es compartido por la Geología, se diferencias en la metodología. Los geólogos adquieren el conocimiento de la Tierra mediante observaciones directas de las rocas, mientras que la Geofísica utiliza mediciones indirectas. No hay dudas entonces de que son ciencias complementarias.

También suele dividirse a la Geofísica en Pura y Aplicada, la primera sería aquella que estudia los fenómenos por el simple conocimiento del planeta en que habitamos, y la segunda aprovecharía de manera práctica los fenómenos ya conocidos, utilizando tecnología que le permita obtener algún beneficio para la humanidad. En esta última división no hay acuerdo entre todos los geofísicos.

Con los métodos geofísicos se puede investigar zonas sin acceso para el ser humano, como el interior de la tierra. En la búsqueda de yacimientos metalíferos (prospección, exploración) estos métodos pueden dar informaciones sin hacer una perforación de altos costos. Existen varios métodos geofísicos los cuales

aprovechan propiedades físicas de las rocas. Pero todos dan solamente informaciones indirectas, es decir nunca sale una muestra de una roca.[6]

Principales métodos que se han desarrollado hasta hoy:

- Método sísmico
- Método de resistividad eléctrica
  - Sondeos eléctricos verticales (SEV)
- Métodos magnéticos y gravimétricos
- Refracción/Reflexión
- Tomografías Geoeléctricas
- Electromagnetismo
- Georadar o GPR
- El PID (Photo Ionization Detector) y el IR (Infra Red Analyzer)

6.3.1. Sondeos Eléctricos Verticales

"Se llama Sondeo Eléctrico Vertical a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción" (**Orellana 1982**)

Los sondeos eléctricos verticales (S.E.V.) constituyen uno de los métodos de campo para determinar la variación en profundidad de las propiedades eléctricas del subsuelo. Los S.E.V. consisten en una serie de determinaciones de resistividades aparentes, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y de separación creciente entre los electrodos de emisión y de recepción.[7]

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.

[6] N. Gella & J. Bruggen, LA EXPLORACION GEOFISICA DEL SUBSUELO, pag, 10-24.
[7] L. Alberto. Diaz, ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA Y GEOTÉCNICA PARA EL EMPLAZAMIENTO DEL EMBALSE DE SAN ESTEBAN DE ANDAGOYA (ÁLAVA), pag, 39.

Usos:

- Exploración de Agua Subterránea.
- Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- Medición de espesores de aluviones (Depósitos de tipo aluvial), tales como gravas y arenas de río.
- Exploración de interfaces Aluvión – Roca (Depósitos de tipo aluvial), para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

6.4. Susceptibilidad

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. **(J. Suarez, 2001)**

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

La susceptibilidad del terreno a los deslizamientos consiste en la favorabilidad del medio físico y de los elementos inherentes del terreno y superficie, tales como la geología, pendiente, geomorfología y usos del suelo, a la ocurrencia de deslizamientos, a su vez la susceptibilidad a deslizamientos nos indica la predisposición del terreno a deslizarse pero no implica el aspecto temporal del mismo.

Los mapas de susceptibilidad a deslizamientos buscan delimitar las áreas donde existe una mayor potencialidad para la ocurrencia de deslizamientos, sin indicar de manera clara cuando y donde específicamente pueden éstos ocurrir. En ese sentido el concepto de susceptibilidad aquí utilizado se diferencia del concepto de amenaza, por cuanto este último implica determinar la probabilidad de ocurrencia

en términos de tiempo, lugar y magnitud.[8]

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

En áreas de montañas de alta pendiente y valles semiplanos se pueden identificar las áreas de acuerdo con su relieve, el cual es uno de los factores que más afecta la susceptibilidad a los deslizamientos.

El relieve relativo representa la máxima altura entre la divisoria de aguas arriba de los taludes y el valle abajo del mismo. Si se posee un mapa geológico, a cada formación se le puede asignar un grado de susceptibilidad a deslizamientos y se pueden combinar la formación geológica y el relieve, para identificar áreas diferentes dentro de la misma formación. Combinando mapas de pendientes y de geología dentro de un sistema de información geográfica, se pueden lograr resultados interesantes.

Se recomienda localizar, con mucha precisión, las áreas cubiertas por coluviones, las cuales son generalmente de susceptibilidad alta a deslizarse, al igual que las áreas con procesos intensos de erosión y las áreas de influencia de las grandes fallas geológicas. Se deben tener en cuenta todos los parámetros que se va a utilizar para el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos, tales como: Geología, geomorfología, pendientes, uso del suelo y área de influencia de la red hidrográfica.[9]

[8] R. Vargas, 2002, Evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos municipio de Balboa Departamento de Risaralda, pag, 23.
[9] J. Suarez, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo, pag, 535,536.

Tabla 1. *Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (Crozier, 1986).*

Susceptibilidad	Criterio
VI Muy alta	Taludes con deslizamientos activos. Los movimientos pueden ser continuos o estacionarios.
V Alta	Taludes sujetos con frecuencia, a actividades de deslizamiento. La activación de los deslizamientos resulta cuando ocurren eventos con intervalos de recurrencia menor a 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.

Fuente: J. Suarez, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo, pág., 533.

6.5. Movimientos de masa.

Los movimientos de masa son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad **(Varnes, 1978)**

Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material **(Ferrer, 1980).**

Masas de terreno que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad **(Ayala, 2002)**

La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de masa sean muy abundantes a lo largo del registro geológico.

6.5.1. Clasificación de los movimientos de masa.

Los movimientos pueden ocurrir como: caídas, basculamientos, separaciones laterales, deslizamientos o flujos.

- **Caídas:** Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido **(Cruden & Varnes, 1996).**

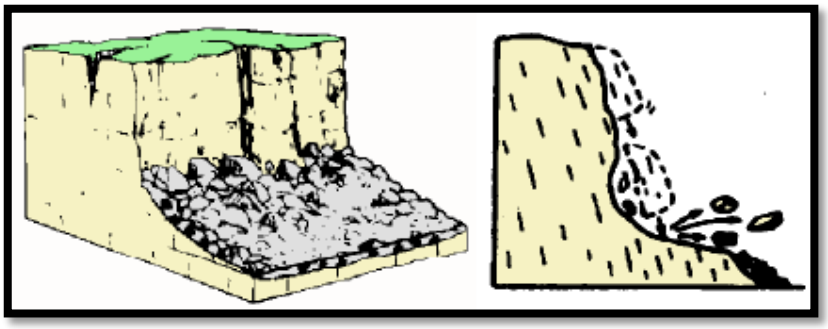


Figura 1. *Caída de rocas (Varnes, 1996)*

- **Basculamientos:** Un basculamiento es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada, estos producen caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas. Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente

rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento **(Cruden & Varnes, 1996).**

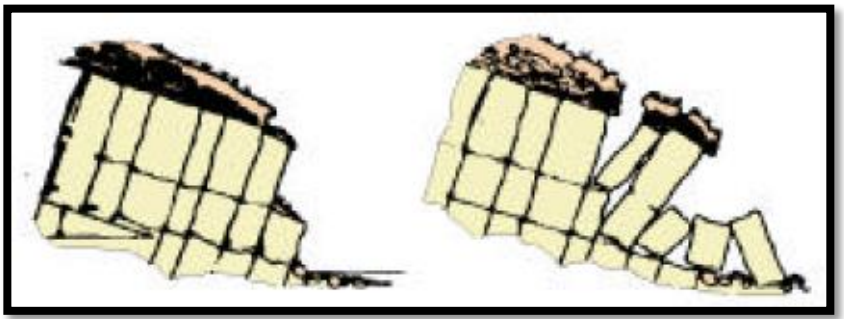


Figura 2. *Basculamiento de columnas de roca (Varnes, 1996)*

- **Separaciones laterales:** La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando, la superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento **(Cruden & Varnes, 1996).**

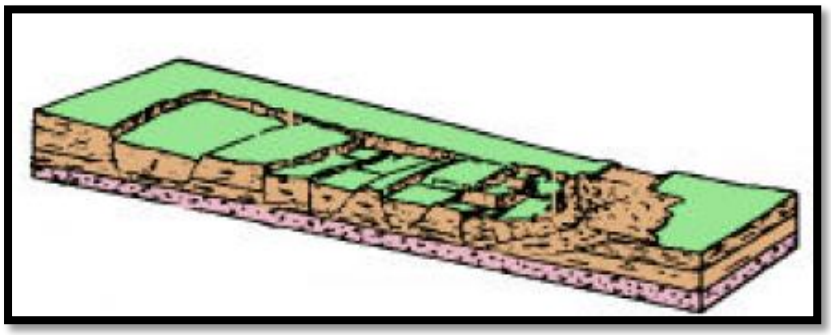


Figura 3. *Separación lateral (Varnes, 1978)*

- **Flujos:** Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso **(Cruden & Varnes, 1996)**

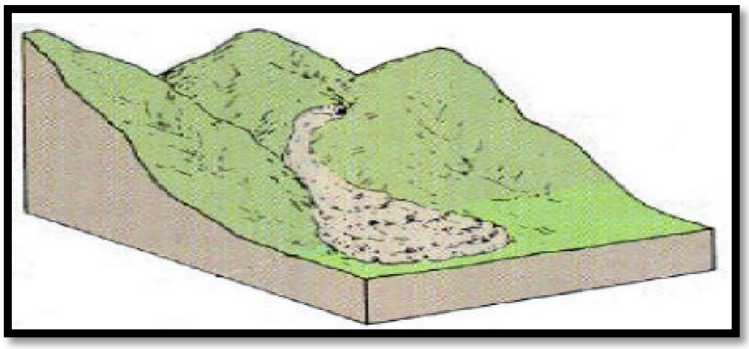


Figura 4. *Flujo de detritos (Skinner & Porter, 1992)*

Tabla 2. *Clasificación de movimientos de masa de acuerdo a Varnes (1978)*

Tipo de movimiento	Tipo de material		
Derrumbes	Derrumbes de roca	Derrumbes de detritus	Derrumbes de tierra
Desprendimientos	Desprendimientos de roca	Desprendimientos de detritus	Desprendimientos de tierra
Deslizamientos Rotacionales Traslacionales	Deslizamientos de bloques rocosos Desplome de roca Alud de roca	Detritus en bloque Desplome de Detritus Alud de detritus	Deslizamientos de Tierra en bloques Desplome de Tierra Alud de Tierra
Extensión o Esparcimiento Lateral	Esparcimiento de rocas	Esparcimiento de detritos	Esparcimiento de tierra
Flujos	Flujo de rocas	Flujo de Detritus	Flujo de Tierra
Complejos	Combinación de dos o más de ellos		

Fuente: Varnes, 1978.

6.5.2. Deslizamientos

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 **(Cruden & Varnes, 1996).**

Son movimientos lentos o rápidos del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo debido a un aumento de peso, perdida de consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en

la ladera. A estas condiciones se le debe sumar factores externos como la sismicidad, vulcanismo y las lluvias **(Jiménez, 2002).**

6.5.2.1. Tipos de deslizamientos.

A continuación se enuncia los tipos de deslizamientos en base a la superficie de falla.[10]

a) **Deslizamientos rotacionales:** 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 **(Cruden & Varnes, 1996**).

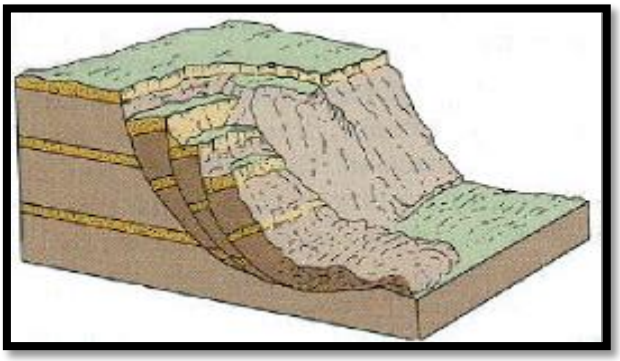


Figura 5. *Deslizamientos rotacionales (Skinner & Porter, 1992)*

b) **Deslizamiento translacional:** La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno **(Cruden & Varnes, 1996)**

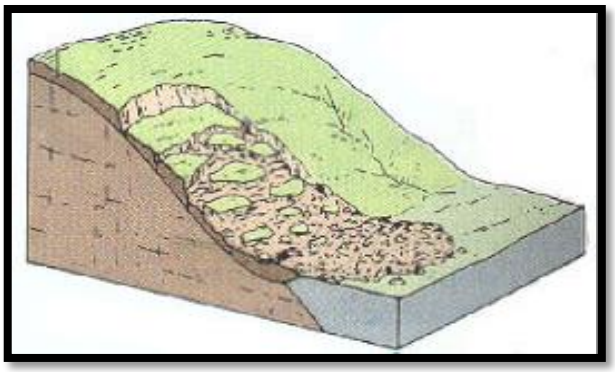


Figura 6. *Deslizamiento translacional (Skinner & Porter, 1992)*

[10] Rolando M. Chinchilla M. Sc, FUNDAMENTOS SOBRE DESLIZAMIENTOS, pag, 1,2.

6.5.2.2. Partes de un deslizamiento.

A continuación de detalla todas las partes de un deslizamiento.

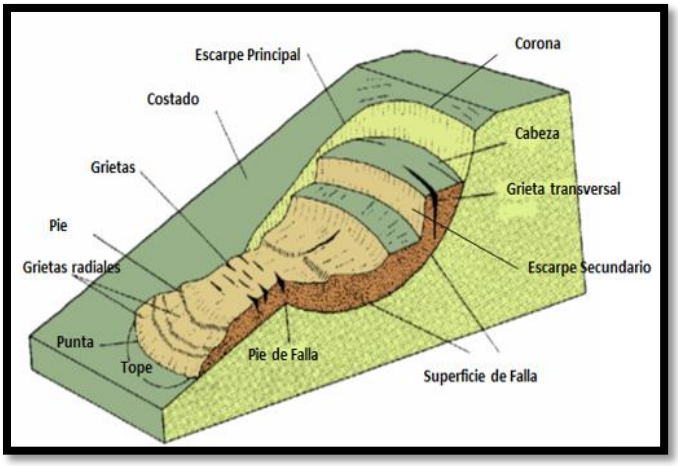


Figura 7. *Partes de un deslizamiento (Varnes, 1978).*

Escarpe principal.- Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

Escarpe secundario.- Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

Cabeza.- Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Cima.- El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Corona.- El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.

Superficie de falla.- Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado. El volumen de suelo debajo de la superficie de falla no se mueve.

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.

Costado o flanco.- Un lado (perfil lateral) del movimiento.
Superficie original del terreno La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

6.5.2.3. Nomenclatura del deslizamiento.

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería **(IAEG, 1990).** En este sentido el concepto de "zona de ruptura cobra especial importancia en el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos **(Irigaray y Chacón, 1991).**

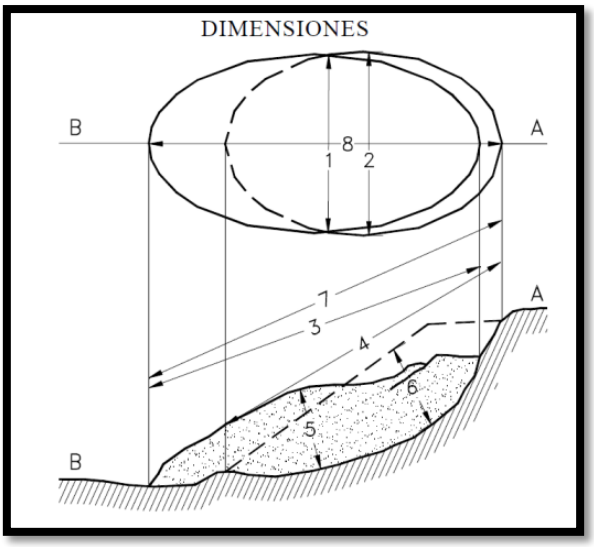


Figura 8. *Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo, 2002.*

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

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

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

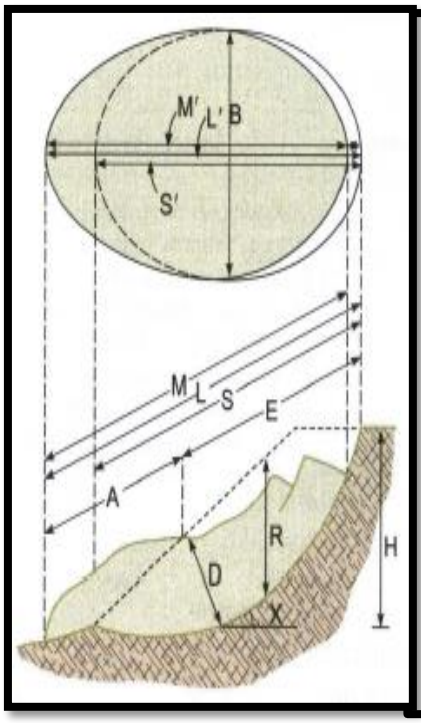
4. Longitud de la superficie de falla Lr.- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

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

6. 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

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

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



B. Anchura máxima
H. Altura entre el pie y cabecera
L. Longitud total
M. Longitud de la masa desplazada
S. Longitud de la superficie de rotura
L', M', S'. Distancias horizontales correspondientes a L, M, S.
A. Zona de acumulación
E. Zona de deflación
D. Potencia de la masa desplazada
R. Profundidad máxima de la superficie de rotura
X. Angulo de la superficie de rotura

***Figura 9**. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo, 2002.*

6.6. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial **(Burrough, 1986).**

"Es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación" **(Cebrian, 1988).**

6.6.1. Historia de los SIG en análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

El primer sistema de información geográfica computarizado fue desarrollado en los años 1960s, pero su real utilización empezó en los años 1970s. El primer SIG

empleado para zonificar los deslizamientos, fue reportado por Newman y otros (1978) para un trabajo en California.

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. [11]

[11] J. Suarez, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo, pag, 531.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales utilizados

Los materiales que se necesita disponer para el desarrollo del proyecto de tesis se detallan a continuación en la figura 10**.**

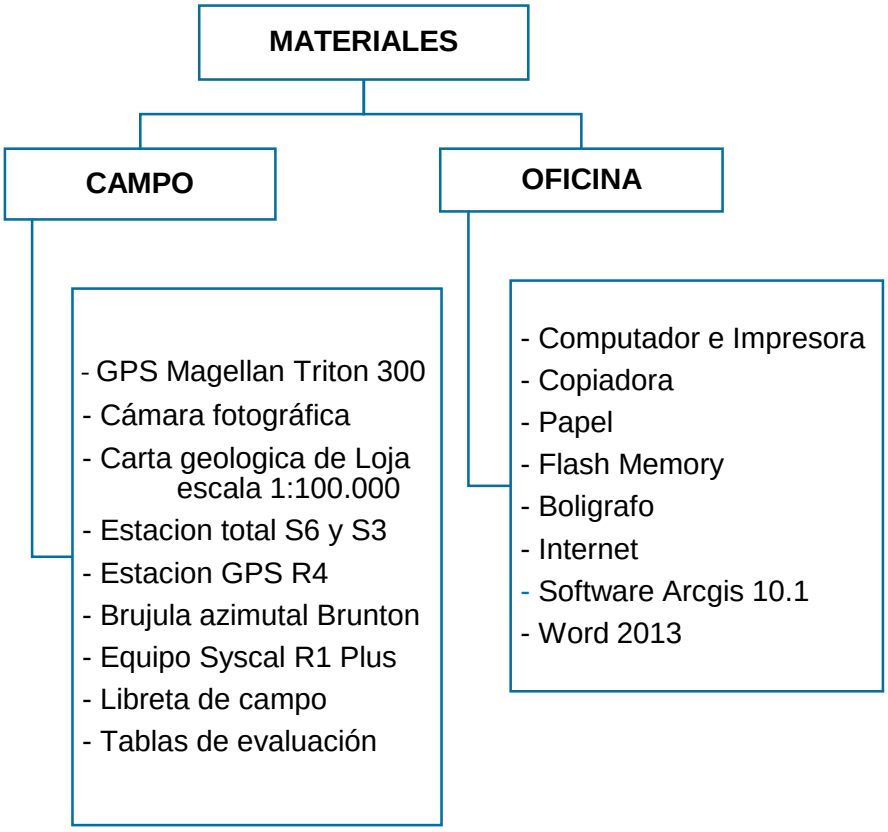


Figura 10. *Materiales para la elaboración del proyecto de tesis.*

7.2. Metodología

Para realizar la susceptibilidad a deslizamiento del sector Menfis Central hasta el Barrio Obrapía, se seguirá la siguiente metodología:

7.3. Metodología para el primer objetivo:

"Desarrollar el levantamiento topográfico a detalle de los 200 metros a cada margen del eje de la vía de Integración Barrial."

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó en el campo el levantamiento de la topografía a detalle del sector de estudio con la ayuda de dos estaciones totales Trimble S3 y S6, adicionalmente se utilizó una estación Trimble R4 que nos servirá exclusivamente para el levantamiento a detalle de vías e infraestructura de alumbrado público y alcantarillado.

Figura 11. *Levantamiento de la topografía en el campo.*

Una vez realizado todo el trabajo de campo se procedió a realizar el trabajo de oficina que consistió en bajar los datos de las tres estaciones utilizadas, los puntos fueron ordenados en una tabla de Excel.

Cuando tuvimos todos los puntos en la tabla de Excel, hicimos uso del SIG ArcGis 10.1, que es una herramienta informática que nos permitió graficar y analizar la información levantada en el campo y mediante su uso obtener como resultado el mapa topográfico de la zona de estudio.

7.3.1. Metodología para el segundo objetivo:

"Realizar el levantamiento geológico a detalle del área de influencia, identificando los principales rasgos litológicos así como sus características geomorfológicas y estructurales."

Teniendo como base el mapa topográfico del área de estudio y la carta geológica de Loja a escala 1:100.000, realizamos la geología a detalle del sector mediante la visita he identificación de afloramientos (**ver anexo 1**) que se encuentran en el sitio y su área de influencia, además se identificó estructuras y se tomó sus elementos de yacencia con la ayuda de una Brújula azimutal Brunton.

Figura 12. *Toma de datos estructurales en los afloramientos.*

Cuando se finalizó con la identificación de los afloramientos y su litología en el campo, realizamos el trabajo de oficina que consistió en hacer la relación de la información de la carta geológica de Loja a escala 1:100.000 con la información que se obtuvo en el campo mediante la identificación de los afloramientos.

Esta relación de información geológica se elaboró mediante la herramienta ArcGis 10.1, que nos permitió obtener una base de datos a detalle del área de estudio. También se elaboró perfiles o cortes geológicos.

7.3.2. Metodología para el tercer objetivo:

"Definir mediante geofísica, a través de sondeos eléctricos verticales SEV las zonas con mayor contenido de agua."

Figura 13. *Toma de lecturas de resistividad con el equipo Syscal R1 Plus.*

Para cumplir con este objetivo se realizó las mediciones de resistividad aparente del suelo con el equipo de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), para ello se determinó una zona relativamente plana y libre de construcciones civiles, se realizó un arreglo SCHLUMBERGER el mismo que consistió en lo siguiente:

Se ubica el punto de investigación y con la ayuda de la brújula se coloca una cuerda de un punto A hacia un punto B con una dirección adecuada.

Se ubican los electrodos en una sola posición de la siguiente manera:

Figura 14. Ubicación de electrodos en el campo.

.

Las diferentes distancias que van obteniendo los transmisores A hacia la izquierda y B hacia la derecha, que son los que se ubican más cerca del equipo y que transmiten la energía a los receptores MN respectivamente, los cuales se abren tanto hacia la derecha como hacia la izquierda según las distancias establecidas por el método **SCHLUMBERGER** se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. *Aberturas asignadas para el presente trabajo de los trasmisores AB y los receptores MN para el método SCHLUMBERGER.*

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE K	RESISTIVIDAD (Ohm-m)
1	1.00	0.20	7.54	.....
2	1.47	0.20	16.66	.....
3	2.15	0.20	35.99	.....
4	3.16	0.20	78.11	.....
5	4.64	0.20	168.78	.....
6	4.64	0.50	86.85	.....
7	6.81	0.20	363.92	.....
8	6.81	0.50	144.91	.....
9	10.00	0.50	313.37	.....
10	14.70	0.50	678.08	.....
11	14.70	2.00	166.58	.....
12	21.50	0.50	1454.42	.....
13	21.50	2.00	359.91	.....
14	31.60	2.00	781.13	.....
15	46.40	2.00	1687.79	.....
16	46.40	5.00	668.52	.....
17	68.10	2.00	3639.24	.....
18	68.10	5.00	1449.10	.....

Fuente: W. Tambo, laboratorio de geofísica de la carrera de GAYOT.

Se configuró el equipo donde se ingresaron las coordenadas geográficas, se estableció el número de lecturas con un mínimo de 4 y máximo de 8 lecturas. El equipo con el que se trabajó es un Syscal R1 Plus, entre sus características generales están:

- Programados para métodos como Schlumberger, Wenner, Gradiente, Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, Polo-Polo, y otros, incluyendo la posibilidad de arreglos definidos por el usuario.

- Memoria para 1800 lecturas, incluyendo valores de desviación estándar para cada lectura.
- Es un instrumento que se puede llevar a donde sea. Ofrece 25 Watts.
- Voltaje máximo de transmisión de 200V (400V pico a pico) y corriente máxima de salida de 500mA.

Se registraron las diferentes resistividades aparentes tomadas a cada distancia establecida, para luego ser procesados y ejecutados, para la interpretación de los resultados, como: la profundidad, nivel de agua y tipo de material. Toda la interpretación se la realizó manualmente con la ayuda del software AutoCAD 2014 basándonos en las resistividades de los materiales y profundidad que estos se encontraban, y de esta manera obtener una columna estratigráfica de cada línea SEV realizada. Este procedimiento se lo utilizó en las 6 líneas eléctricas que se realizó en el sector.

7.3.3. Metodología para el cuarto objetivo:

"Elaborar el mapa de zonas susceptibles a deslizamientos."

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad hicimos nuevamente uso del Programa informático ArcGis 10.1. Primeramente se debe establecer la información con la que contamos o los mapas bases de los cuales vamos a partir.

En este caso las variables que utilizamos, además de la geología que se menciona anteriormente son:

- **Mapa de pendientes. Escala 1:4000**

Para la elaboración de este mapa nos sirvió la topografía como mapa base con una escala de 1:4.000, del cual tomamos las curvas de nivel y procedimos a realizar un TIN mediante el programa ArcGis 10.1, posterior a esto convertimos a una entidad ráster para reclasificar en las diferentes categorías mediante el criterio establecido por el autor (Demek, J. (ED). 1972.) el mismo que propone

una clasificación de seis categorías, de las cuales solo tomamos las 5 primeras por fines de nuestro proyecto de tesis, una vez reclasificado nuestro modelo ráster lo convertimos a una entidad vectorial para poder establecer la tonalidad de colores de acuerdo a la categoría que represente, posteriormente se procedió a darle los acabados estéticos para obtener el mapa final de pendientes.

- **Mapa geomorfológico. Escala 1:4000**

El mapa geomorfológico del sector es un elemento fundamental en nuestro estudio de susceptibilidad a deslizamientos, este mapa se lo elaboró persiguiendo la siguiente metodología:

- A partir de las curvas de nivel obtenidas en el mapa topográfico del sector, se procedió a la elaboración de un modelo ráster en el programa ArcView GIS 3.2a mediante la herramienta TPI.

- Una vez obtenido el ráster y teniendo conocimiento de la realidad del sector procedimos a zonificar las geoformas siguiendo los márgenes de las distintas tonalidades de colores que contenía el modelo ráster.

- Teniendo zonificado el ráster sacamos las variables de pendiente en porcentaje mediante nuestro mapa de pendientes a escala 1: 4.000 de nuestro sector de estudio, adicionalmente también determinamos la litología de cada geoforma mediante el mapa geológico de nuestra zona intervenida a escala 1: 4.000.

- Seguidamente utilizamos las variables determinadas de pendiente y litología para correlacionarlas con las **tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto ‘‘Generación de Geoinformacion para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000’’ (ver anexo 2)**[12], de esta manera se definió la terminología de cada unidad morfológica ya que esta se da en base a la pendiente, litología y unidad genética de la geoforma.

[12]CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional

- Una vez que se definió la terminología a cada unidad morfológica de acuerdo a su pendiente, litología y unidad genética, se obtuvo así nuestro mapa geomorfológico del sector de estudio. Hay que mencionar que como punto de comparación nos basamos en la información geomorfológica de la ciudad de Loja, proporcionada por las autoridades Municipales de la misma.

- **Mapa de Cobertura Vegetal. Escala 1:4000**

Para la obtención del mapa de cobertura vegetal partimos con la información del mapa topográfico a escala 1:4.000 del sector, y lo más importante para la elaboración fue el reconocimiento profundo del sector de estudio, contando con estos dos parámetros procedimos a zonificar mediante la digitalización de polígonos de las distintas coberturas que hay en el lugar intervenido, todo esto con el programa ArcGis 10.1, una vez que se terminó con la zonificación procedimos a dar los colores y tramados a cada polígono dependiendo la vegetación que este represente, seguidamente realizamos los arreglos finales para obtener nuestro mapa de cobertura vegetal. Adicionalmente a esto se utilizó como variable agregada las zonas de influencia de veinticinco metros a la redonda de las redes hidrográficas del sector.

Seguidamente a estas variables las agrupamos en dos condiciones que son:

- **Condición intrínseca:** Geológico, pendientes y geomorfología.
- **Condición biológica:** Cobertura vegetal y áreas de influencia de la red hidrográfica.

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

En este caso los criterios que utilizamos para determinar la susceptibilidad fueron los establecidos por Sarkar y Kanungo, 2004.

Tabla 4. *Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos (Sarkar y Kanungo, 2004).*

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

Fuente: Sarkar y Kanungo, 2004

Seguido a esto realizamos una tabla en la que se coloca los pesos asignados a las variables que se encuentran tanto en las condiciones intrínsecas y biológicas.

Tabla 5. *Tabla utilizada para la valoración en la condición intrínseca y sus variables.*

Condición	Mapa	Variable	Peso	Peso Subtotal	Peso Total
……	……	……	……..	……	……
……	…….	……	……..	……	……..

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se asignó los pesos a las variables de cada condición, hicimos uso de la herramienta **Model Builder,** que es una herramienta que nos permite el diseño de flujogramas, creación de modelos y modificar sus propiedades, también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.[13] También se utilizó la herramienta de **Suma Ponderada,** esta herramienta ofrece la posibilidad de ponderar y combinar varias entradas para crear un análisis integrado tal como se explica en la figura 15.

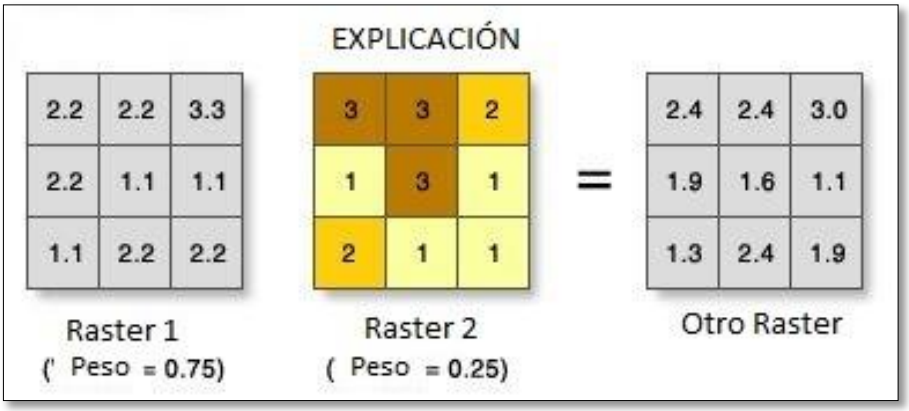


Figura 15. *Explicación de la herramienta ¨SUMA PONDERADA¨*

En la figura 15, los valores de las celdas se multiplican por su factor de peso, y los resultados se suman para crear el ráster de salida. Por ejemplo, considere la celda superior izquierda. Los valores para las dos entradas se convierten en (2,2 * 0,75) = 1,65 y (3 * 0,25) = 0,75. La suma de 1.5 y 0.75 es de 2.4.[14]

En este caso los pesos que se asignó a cada uno de los mapas mediante la suma ponderada corresponden a los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994):

[13] Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.
[14] Catálogo de Ayuda de ArcGis 10.1.

Tabla 6. *Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.*

Número de Criterio	**Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango**					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Janssen y Van Herwijnen (1994)

Con los valores de la tabla anterior se ponderó o se dio pesos para la obtención de los dos mapas de las condiciones tanto intrínsecas como biológicas.

Una vez obtenidos los mapas de las condiciones, se empleó nuevamente la herramienta de **Suma Ponderada**, esta vez para ponderar las dos condiciones y así obtener como resultado el mapa final de susceptibilidad a deslizamientos.

En este caso para dar peso a los mapas de cada condición se utilizó los criterios propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994):

Tabla 7. *Pesos de criterios usando el Método de Valor Esperado.*

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el Método de Valor Esperado					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
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

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Janssen y Van Herwijnen (1994)

8. RESULTADOS

8.1. Datos generales.

8.1.1. Ubicación y acceso

El área de estudio se encuentra formando parte de la hoya de Loja y se ubica al Sur-Oeste de la Ciudad del mismo nombre, toda su extensión se encuentra dentro de la Parroquia Urbana Sucre. Al sector se puede acceder por la vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas o por la Av. Eugenio Espejo (ver figura 16).

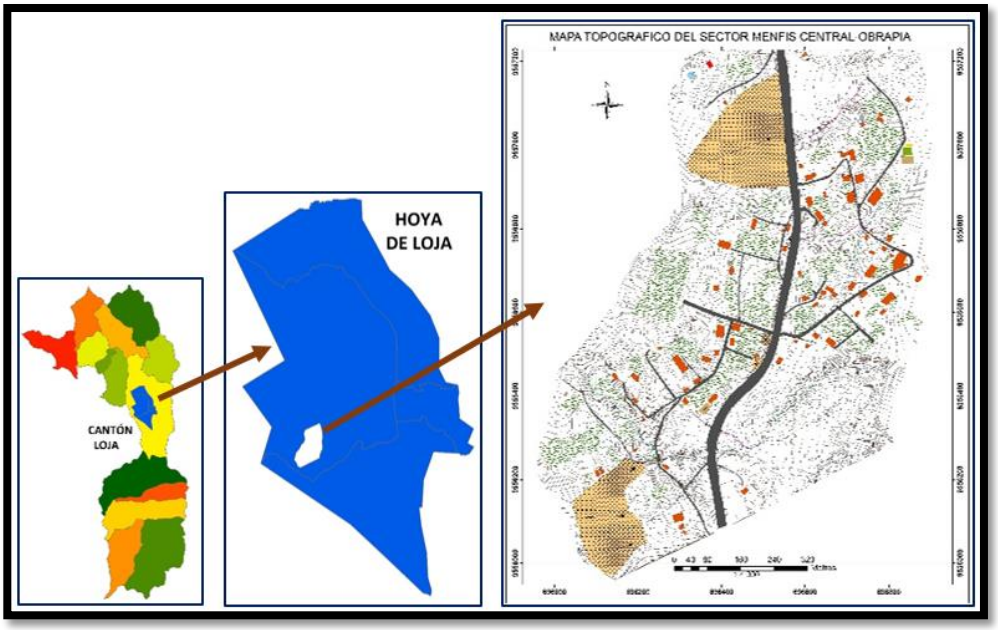


Figura 16. *Ubicación del sector de estudio.* ***Fuente:*** *Elaboración Propia*

8.1.2. Clima

El sector se encuentra dentro de la Hoya de Loja, el clima que predomina es templado, con una precipitación de 900 mm/año y una temperatura media de 16ºC. En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7ºC, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28ºC. La época menos lluviosa va de Mayo a Noviembre.[15]

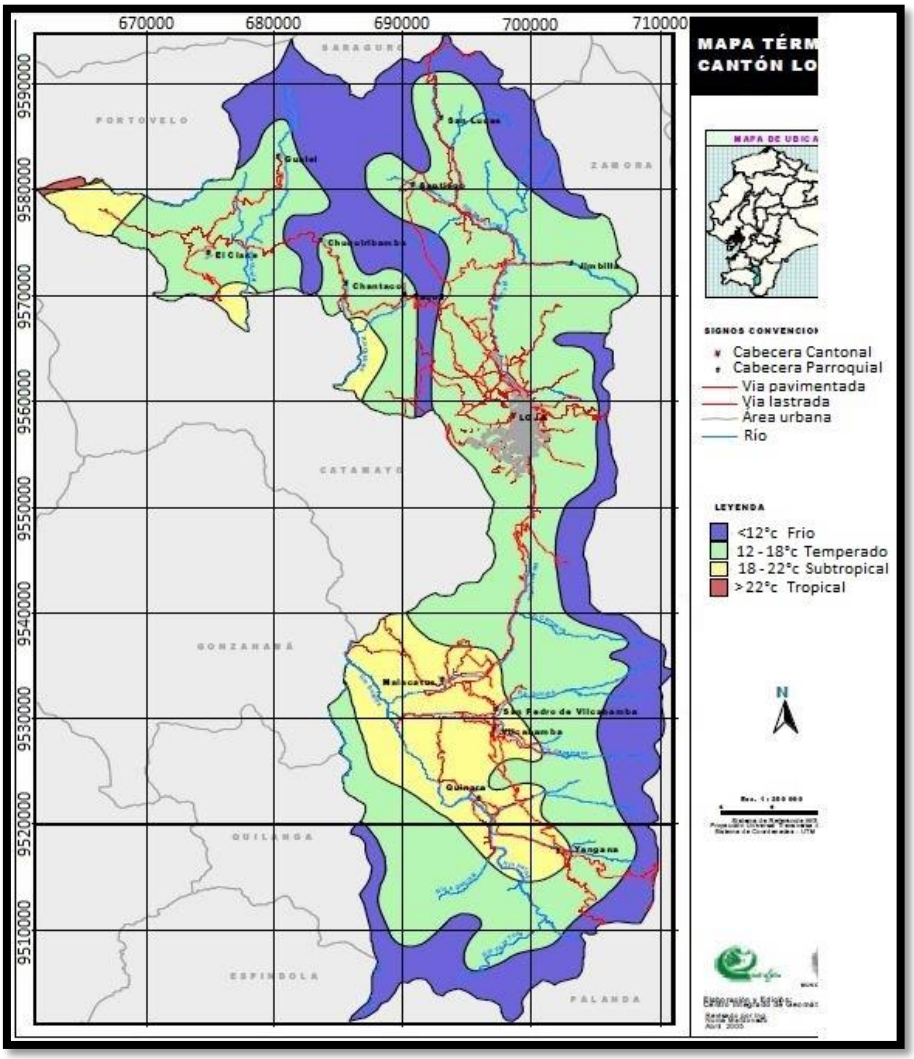
[15] Geo Loja, 2007, Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, pág., 37.

***Tabla 8**. Los climas Térmicos del cantón Loja.*

Nro.	Clase	Rango térmico	Superficie	%
1 **2** **3** **4**	Frío Temperado Subtropical Tropical	0 a 11,9°C 12 a 17,9°C 18 a 21,9°C + de 22,0°C	506,8 km² 1.092,8 km² 280,2 km² 3,2 km²	26,9 58,0 14,9 0,2
	SUMAN		**1 883,0 Km²**	**100%**

Fuente: Plan participativo de fortalecimiento de la democracia y desarrollo del cantón Loja, pág., 10.

Mapa térmico del Cantón Loja



Fuente: Plan participativo de fortalecimiento de la democracia y desarrollo del cantón Loja, pág. 11.

8.1.3. Uso del Suelo

Tanto por la topografía del terreno, menos inclinada que del lado oriental, como por la disponibilidad de propiedades de tamaños adecuados, los asentamientos poblacionales se han volcado predominantemente al costado occidental de la ciudad de Loja, lugar donde se encuentra el sitio de estudio.

De acuerdo con la ocupación del suelo, el plan de desarrollo urbano–rural, estableció las áreas consolidadas, en proceso de ocupación y de suelo vacante, en: 370 ha, 574 ha y 2.373 ha, respectivamente, lo que equivale al 11 %, 17 % y 72 % respectivamente. En estos espacios, las densidades —siguiendo el mismo orden— corresponden a 15.100, 3.100 y 700 habitantes por km^2.[16]

Teniendo en cuenta los datos de uso del suelo a nivel de la ciudad de Loja, nos referimos a nuestro sitio intervenido el cual cuenta con un total de 86,44 ha, en las que se estableció zonas con infraestructura, cultivos, erosionadas y pastizales, en hectáreas cada una ocupa: 6.6 ha, 10.89 ha, 2.26 ha, y 66.69 ha, respectivamente, lo que en porcentaje nos da un 7.63% del suelo es utilizado en infraestructura, 12.59% en cultivos, 2.61% se encuentra erosionado y el 77.15% restante es empleado en pastizales naturales y cultivados.

8.1.4. Datos socio – económicos.

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, la ciudad de Loja acumula el 84.06% de la población del cantón Loja, que equivale a 180.616 personas. En la cabecera cantonal viven 20.662 personas pobres extremas por NBI y 43.220 pobres no extremos por NBI, que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI (necesidades básicas insatisfechas) en el cantón Loja el 56.63% se concentran en su cabecera cantonal y del total de no pobres extremos por NBI el 77.66%.[17]

[16] SNGR-PNUD-UEB, 2013, Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja, pag, 21.
[17] SNGR-PNUD-UEB, 2013, Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja, pag, 17.

Los habitantes de nuestro sitio de estudio en su mayoría se dedican a la agricultura y ganadería y otra pequeña cantidad se desenvuelven en el ámbito de la construcción como obreros y hacen de estas ocupaciones el sostén de sus hogares. Pertenecen o se encuentran dentro del grupo de pobres extremos por NBI, ya que no cuentan con servicios básicos como alcantarillado pluvial y sanitario, alumbrado público ni una buena infraestructura vial.

8.2. Resultados Específicos

8.2.1. Topografía

Mediante el levantamiento topográfico a detalle del sector de estudio, se estableció que el lugar tiene un relieve suave y una pendiente baja al este de la vía de integración barrial, mientras que al oeste de la vía se encuentran las alturas máximas, y pendiente más pronunciadas, la altura mínima es de 2215 m.s.n.m, mientras que la altura máxima es de 2330 m.s.n.m. (**ver anexo 3**).

8.2.2. Geología Regional[18]

La ciudad de Loja se encuentra en la parte central de la cuenca del mismo nombre, a una altura de 2100 m.s.n.m, tiene una forma elíptica, alargada de norte a sur y mide unos 25 x 10 Km. [19]

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

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

[18] - HUNGERBUHLER Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich.
- Kennerley, J.B. 1973. Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp.GGS, Nottingham
[19] W. Tambo, 2011, Estudio del Peligro de Deslizamiento del Norte de la Ciudad de Loja, Provincia de Loja. ECUADOR, pag, 27.

1cm) y capas menores de limonitas. Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda.

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

- **Formación Belén.-** Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granulado, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor es de 300m, 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 blancos, 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 espesor capas de brecha). El miembro superior de areniscas tiene una litología similar a la intermedia, pero generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío 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 dominado por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas.

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

8.2.3. Geología local

De todas estas formaciones geológicas mencionadas solo dos de ellas se encuentran presentes en nuestro sector de estudio, la Formación El Trigal y la Formación Belén.

Una vez realizado el cálculo de las áreas y sus respectivos porcentajes, como se indica en la tabla 9, determinamos que el sector de estudio se encuentra conformada en un 82.61% del terreno de arcillas y limos los cuales se encuentras en casi toda la extensión del territorio y descansan sobre una base de conglomerados, las arcillas son plásticas y en algunas zonas están completamente saturadas constituyéndose en un agente condicionante a la ocurrencia de deslizamientos, en un 14.31% y en la parte central del sector de estudio afloran areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos medianamente saturados, tienen muy baja deformabilidad, alta consistencia y son la base donde descansan las arcillas y limos, el 0.45% consta de depósitos aluviales que se forman por la deposición de material arrastrado por las quebradas del sector, en el 2.61% del terreno existe material de relleno artificial que es producto de la apertura de la vía de integración barrial (**ver anexo 4**), el corte geológico se lo realizo en el centro del área de estudio en un sentido Sur-Norte y se lo puede apreciar en el **anexo 5**.

Tabla 9. *Litología del sector Menfis Central-Obrapía.*

Litología	Área (Ha)	%
Arcillas y Limos	71.44	82.61
Depósitos Aluviales	0.394	0.45
Material de Relleno	2.26	2.61
Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos	12.37	14.31
TOTAL	**86.44**	**100%**

Fuente: Elaboración propia a partir del anexo 4.

8.2.4. Geomorfología

La determinación de las diferentes unidades geomorfológicas existentes en el sector de estudio se lo realizó mediante su grado de pendiente (ver tabla10) la litología y génesis que presenta cada una de las geoformas, las cuales correlacionamos con las **‘‘tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto ‘‘Generación de Geoinformacion para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000’’** (ver anexo 2) para asignar la terminología a cada unidad morfológica. Una vez determinadas las variables de pendiente, génesis, y litología de cada geoforma tal como se ve en la tabla 12 se estableció definitivamente la nomenclatura o nombre que recibió cada una de las unidades morfológicas del sector y el área que abarca cada una de ellas, como se puede apreciar en la tabla 13.

Tabla 10. *Grado de pendiente utilizado para determinar la geomorfología.*

Pendiente	Rango	Rango %
Muy baja	0-5°	0 – 9%
Baja	5°-15°	9 – 27%
Media	15°-35°	27 – 70%
Alta	35°-55°	70 – 143%
Muy alta	> 55°	> 143%

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Demek, 1972**.**

La asignación de colores y tramados de los polígonos de las unidades geomorfológicas se definieron con base en la morfología y morfogénesis correspondientes de acuerdo a la propuesta por **Carvajal, 2002** (ver tabla 11) se asignó un color azul claro a todas las geoformas que sean de génesis deposicional, y marrón en distintos tonos para las geoformas que están dentro de la génesis denudativo, mientras que a las geoformas que se encuentran dentro de la génesis estructural se representó con un color púrpura en distintas tonalidades, cada una con su respectivo tramado, también se colocó una codificación a cada unidad geomorfológica para facilitar la tipificación en la leyenda del mapa (**ver anexo 6**).

***Tabla 11**. Colores establecidos para los polígonos de las unidades según Carvajal 2002.*

UNIDAD DE MAPEO POR GÉNESIS DE LAS GEOFORMAS	COLOR
Formas de Origen Estructural	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo
Formas de Origen Denudativo	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Verde
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	Grises
Formas de Origen Eólico	Amarillo
Formas de Origen Cárstico	Naranja
Formas de Origen Antrópico/Biológico	Negro

Fuente: Carvajal 2002.

Adicionalmente a esto y para mayor confiabilidad del resultado se comparó la terminología que se obtuvo mediante las tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto ‘‘Generación de Geoinformacion para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000’’ con la información geomorfológica de la ciudad de Loja proporcionada por las autoridades municipales.

En el sector de estudio predominan las laderas con formas cóncavas y convexas, y las que están en mayor parte y con un 45,47% son las laderas cóncavas, seguidas de las laderas convexas con 17,67%, laderas planas a convexas 12,13%, cimas aterrazadas y plano convexas 12,42%, escarpes 4,19%, cuerpos en forma de herradura 5,48%, superficie plana a ondulada 2,25%, valle coluvio aluvial 4,24% y finalmente valle erosional con fondo aluvial y vertientes fuertes con un 8,19%.

Tabla 12. Variables de pendiente, génesis y litología de las unidades morfológicas.

UNIDAD GENÉTICA	UNIDADES MORFOLÓGICAS	PENDIENTE	PENDIENTE EN %	LITOLOGÍA
Estructural	Laderas cóncavas suaves	Muy baja a Baja	2 – 27	Arcillas y Limos
	Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	Media	27- 70 %	Arcillas y Limos Material de relleno Artificial, depósitos aluviales
	Laderas planas a convexas	Baja	9 – 27 %	Arcillas y Limos
	Laderas convexas	Muy baja a baja	2 – 27 %	Arcillas y Limos
	Laderas cóncavas escarpadas	Media	27 – 70 %	Arcillas y Limos
	Superficie plana a ondulada	Muy Baja	2 – 9 %	Arcillas y Limos Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos
	Laderas cóncavas a rectas	Baja	9 – 27 %	Arcillas, Limos, Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos
	Cimas aterrazadas y plano convexas	Muy Baja	2 – 9 %	Arcillas y Limos Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos
Deposicional	Valle coluvio aluvial	Media	27 – 70%	Arcillas y Limos, depósitos aluviales
	Valle erosional con fondo aluvial y vertientes fuertes	Media	27 - 70 %	Arcillas, Limos, Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos material de relleno artificial
Denudativo	Escarpes	Alta a Muy alta	70 – 143%	Arcillas, Limos, Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos
	Escarpe de talud de vía	Alta a Muy alta	70 – 143%	Arcillas y Limos Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos
	Cuerpos en forma de herradura	Baja	9 – 27%	Arcillas y Limos

Fuente: Elaboración propia en base a CLIRSEN, 2010.

Tabla 13. *Geomorfología del sector Menfis Central-Obrapía.*

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	ÁREA (Ha)	%
Valle coluvio aluvial	3.67	4.25
Valle erosional con fondo aluvial y vertientes fuertes	7.08	8.19
Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	17.04	19.71
Cimas aterrazadas y plano convexas	10.74	12.42
Laderas planas a convexas	10.49	12.14
Laderas cóncavas suaves	1.12	1.30
Laderas convexas	4.79	5.54
Escarpes	2.92	3.38
Cuerpos en forma de herradura	4.74	5.48
Superficie plana a ondulada	1.95	2.26
Laderas cóncavas a rectas	19.29	22.31
Escarpe de talud de vía	0.71	0.82
Laderas cóncavas escarpadas	1.85	2.14

Fuente: Elaboración propia a partir del anexo 6.

8.2.5. Pendiente.

El mapa de pendientes del sector Menfis Central-Obrapía se logró en base a un TIN realizado a partir de una base topográfica a escala 1: 4.000 elaborada por el autor, todo esto mediante el uso del programa ArcGis 10.1. (**Ver anexo 7**)

Según **Demek 1972**, el ángulo de pendiente se puede clasificar en seis clases, y cada clase recibe su distinto término de pendiente (ver tabla 14).

Tabla 14*. Clasificación del ángulo de pendiente (Demek, 1972)*

Categoría	Termino de pendiente	Gradiente en %
0-2°	Plano (planicie)	0 - 4
> 2°-5°	Ligeramente inclinado	4 - 9
>5°-15°	Fuertemente inclinado	9 - 27
>15°-35°	Muy inclinado	27 - 70
>35°-55°	Empinado	70 - 143
>55°	Vertical	> 143

Fuente: Demek, 1972.

Por observaciones del autor en el campo y por fines de la presente tesis, se trabajó con cinco clases de pendientes unificando las dos primeras clases propuestas por Demek 1972, adicionalmente a esto y por razones convenientes se asignó un término de pendiente a cada una de las cinco clases según el criterio propio del autor tal como se observa en la tabla 15**.**

Tabla 15. *Clasificación modificada por el autor en base a Demek, 1972.*

Categoría (grados)	Término de la pendiente	Gradiente en %
0°-5°	Muy baja	0 - 9
>5°-15°	Baja	9 - 27
>15°-35°	Media	27 - 70
>35°-55°	Alta	70 - 143
>55°	Muy alta	> 143

Fuente: Elaborado por el autor a partir de Demek, 1972.

En el área de estudio podemos observar que la pendiente que más se encuentra presente es la pendiente baja con un 56,73%, seguida de la muy baja con 21,82%, media 20,22%, alta 1,02% y finalmente la pendiente que menos se encuentra es la muy alta con apenas el 0,17% (ver tabla 16).

Tabla 16. *Pendiente del sector Menfis Central-Obrapía.*

Pendiente	Rango	Rango %	Área (Ha)	Área %
Muy baja	0-5°	0 – 9%	18.77	21,82
Baja	5°-15°	9 – 27%	48.79	56,73
Media	15°-35°	27 – 70%	17.39	20,22
Alta	35°-55°	70 – 143%	0.91	1,05
Muy alta	> 55°	> 143%	0.15	0,17

Fuente: Elaborado por el autor a partir del anexo 7.

8.2.6. Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal en el sector de estudio (**ver anexo 8**), es en su mayor parte de pastos cultivados con un 54,05%, seguido de cultivos con un 13,17%, pastos naturales 9,17%, infraestructura vial y viviendas con un 11,77%, zonas erosionadas sin cobertura vegetal 2,83%, mientras que la menor es de vegetación

arbórea con 0,61% y finalmente y por tener un grado más alto en el análisis de susceptibilidad a deslizamientos se ha considerado las zonas donde se encuentran tanques de agua con un 0,15% y deslizamientos con 8,20% (ver tabla 17).

Tabla 17. *Cobertura vegetal del sector Menfis Central-Obrapía.*

Cobertura vegetal	Área (Ha)	Porcentaje %
Cultivos	11.41	13.17
Vegetación arbórea	0.53	0.61
Zona erosionada sin cobertura vegetal	2.45	2.83
Infraestructura	10.20	11.77
Tanque de Agua	0.13	0.15
Pastos cultivados	46.83	54.05
Deslizamientos	7.11	8.20
Pastos Naturales	7.95	9.17

Fuente: Elaborado por el autor a partir del anexo 8.

8.2.7. Inventario de deslizamientos.

De acuerdo al inventario realizado se llegó a determinar un total de cuatro deslizamientos (**ver anexo 9**), estos se encuentran ubicados en el talud de la parte superior de la vía de integración barrial, siendo característicos en las zonas donde existen presencia de arcillas y limos, que están saturados de agua por la constante irrigación del sector y por las precipitaciones climáticas, adicionalmente a esto se suman factores antrópicos como el corte de las laderas por apertura de la vía.

Por medio de los datos obtenidos a través del modelo establecido (**ver anexo 10**), se realizó el análisis para establecer el tipo, características morfométricas y sus factores condicionantes de movimiento. Mediante la relación Dr/Lr se determinó que los dos deslizamientos de mayor dimensiones son traslacionales ya que su valor es menor a 0.1, mientras que los dos deslizamientos de menores dimensiones son rotacionales ya que su valor es mayor a 0.15 (ver tabla 19).

Mediante el recorrido de campo se identificó los deslizamientos y se definió su estado actual y su relación directa con la geología local. A continuación en la tabla 18 se muestra el total de los deslizamientos inventariados.

Tabla 18. *Clasificación de deslizamientos.*

TIPO DE DESLIZAMIENTO	CAUSA	CANTIDAD
Deslizamiento traslacional	Presencia de arcillas y limos saturados de agua	2
Deslizamiento rotacional	Factores antrópicos por apertura de vía	2
TOTAL		**4**

Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. *Resumen de resultados de los deslizamientos inventariados.*

Dato	Coordenadas Utm	Tipo De Deslizamiento	Área De Afectación (Ha)	Geometría			Dr/Lr	Volumen (M3)	Causas	Daños
				Largo (M)	Ancho (M)	Profundidad (M)				
D1	X: 696459 Y: 9557008	Traslacional	4.33	246.8	238.32	6	0.02	117,634.75	Material plástico débil y saturado de agua por irrigación, descarga de aguas negras y deficiente Sistema de drenaje.	Zonas de cultivos y pastizales
D2	X:696505 Y:9556535	Rotacional	0.052	19.46	29.44	3	0.15	687.48	Material desconsolidado por factores antrópicos debido a la apertura de la vía	Infraestructura vial
D3	X696484 Y::9556476	Rotacional	0.048	18.69	30.63	3	0.16	572.47	Material desconsolidado por factores antrópicos debido a la apertura de la vía.	Infraestructura vial
D4	X:696132 Y:9556105	Traslacional	2.98	209.5	215.23	6	0.2	67,636.02	Material plástico débil y saturado de agua por irrigación y deficiente Sistema de drenaje.	Zonas de cultivos y pastizales

Fuente: elaboración propia.

8.2.8. Interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales – SEV

Se realizaron seis sondeos eléctricos verticales (SEV) todos estos mediante el arreglo Schlumberger cuyas coordenadas geográficas se encuentran en la tabla 20.

Tabla 20. *Coordenadas geográficas de cada línea SEV.*

SEV	X	Y	Z
Línea 1	696168	9556100	2294
	696154	9556150	
Línea 2	696208	9556576	2301
	696227	9556506	
Línea 3	696343	9557002	2279
	696335	9556950	
Linea 4	696590	9557200	2242
	696601	9557062	
Linea 5	696598	9556520	2262
	696545	9556428	
Linea 6	696654	9556338	2257
	696607	9556244	

Fuente: elaboración propia.

Descripción de los sondeos eléctricos verticales (SEV).

- **SEV 1**

La línea número 1 se encuentra ubicada en la parte S-W de nuestro sector de estudio a una altura de 2293 m.s.n.m, con una abertura máxima AB/2 de 43.00 m y una profundidad de 8.6 m.

Mediante el análisis realizado con el programa IPI2Win, nos dio como resultado el siguiente modelo que indica la presencia de tres estratos con su respectiva resistividad. El primer estrato tiene una resistividad (ρ) de 8.82 Ω-m hasta 1.1 m de profundidad, le sigue otro estrato con una resistividad de 8.24 Ω-m un espesor

de 1.49 m y profundidad límite de 2.59 m, le sigue un estrato indefinido con una ρ de 0.104 Ω-m. El perfil geoeléctrico A – A' de este SEV se muestra en la figura 29. Seguidamente en la tabla 21 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 17 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 18 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 21. *Lecturas de resistividades del sev 1 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	9.22
1.47	0.2	16.66	9.92
2.15	0.2	35.99	9
3.16	0.2	78.11	8.33
4.64	0.2	168.78	7.43
4.64	0.5	86.85	7.62
6.81	0.2	363.92	6.71
6.81	0.5	144.91	6.85
10	0.5	313.37	7.16
14.7	0.5	678.08	0.18
14.7	2	166.58	8.51
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	8.23

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	8.82	1.1	1.1	-1.098
2	8.24	1.49	2.59	-2.593
3	0.104			

Figura 17. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

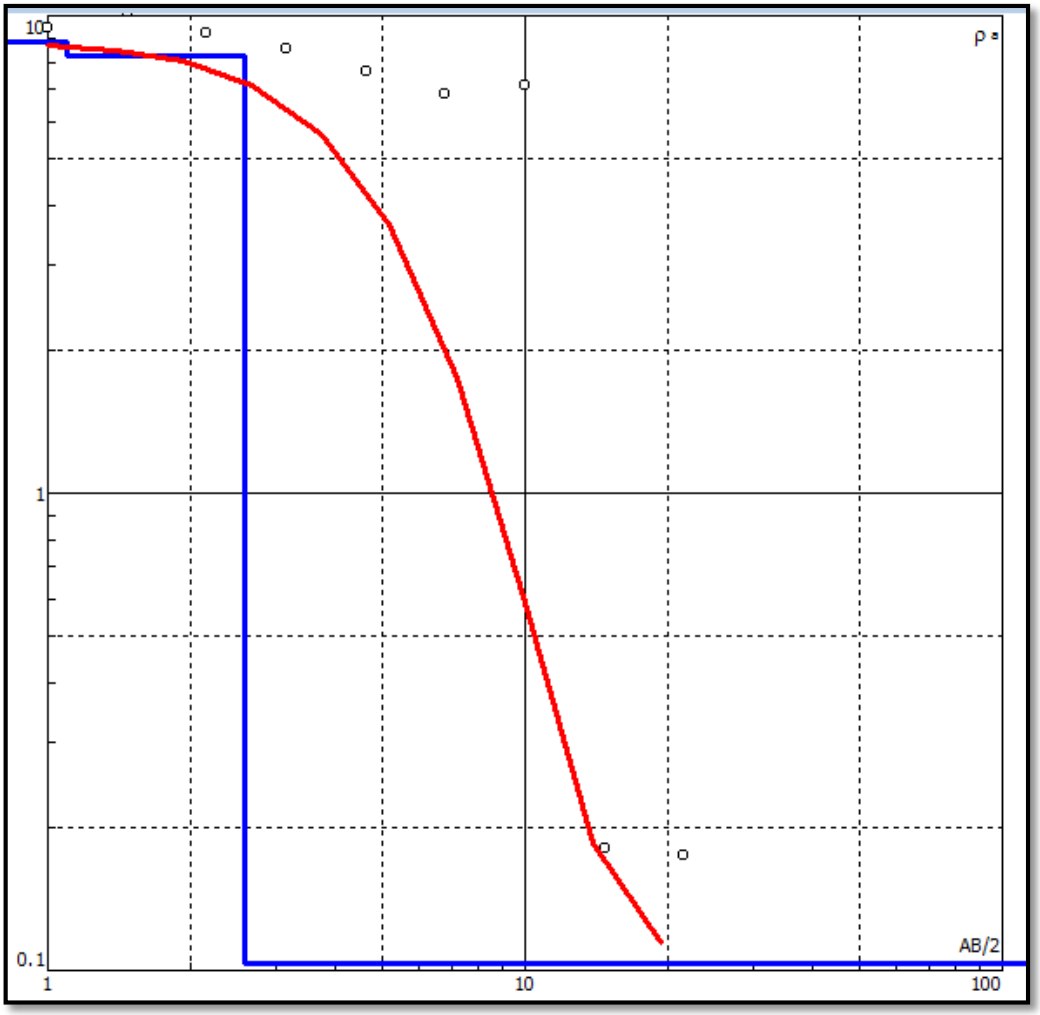


***Figura 18**. Curva de resistividad aparente del SEV 1.*

- **SEV 2**

En esta línea SEV se realizó una abertura máxima AB/2 de 31.6 m, con los datos de campo procesados obtuvimos un modelo con las siguientes resistividades.

Tenemos cuatro estratos, el primero consta de una ρ de 8.54 Ω-m a una profundidad de 0.5 m, el segundo estrato consta de una resistividad 4.19 Ω-m con espesor de 1.74 metros y profundidad tope de 2.24 m, el tercer estrato tiene resistividad de 7.31 Ω-m espesor de 18.4 metros y una profundidad límite de 20.6 m, el estrato siguiente es indefinido y consta de una resistividad de 0.26 Ω-m. El perfil geoeléctrico B – B' de este SEV se muestra en la figura 29.

A continuación en la tabla 22 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 19 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 20 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 22. *Lecturas de resistividades del sev 2 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	6.33
1.47	0.2	16.66	5.18
2.15	0.2	35.99	4.67
3.16	0.2	78.11	4.77
4.64	0.2	168.78	4.96
4.64	0.5	86.85	5.32
6.81	0.2	363.92	0
6.81	0.5	144.91	5.52
10	0.5	313.37	5.44
14.7	0.5	678.08	0
14.7	2	166.58	4.77
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	0
31.6	2	781.13	0

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	8.54	0.5	0.5	-0.5
2	4.19	1.74	2.24	-2.236
3	7.31	18.4	20.6	-20.62
4	0.266			

Figura 19. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

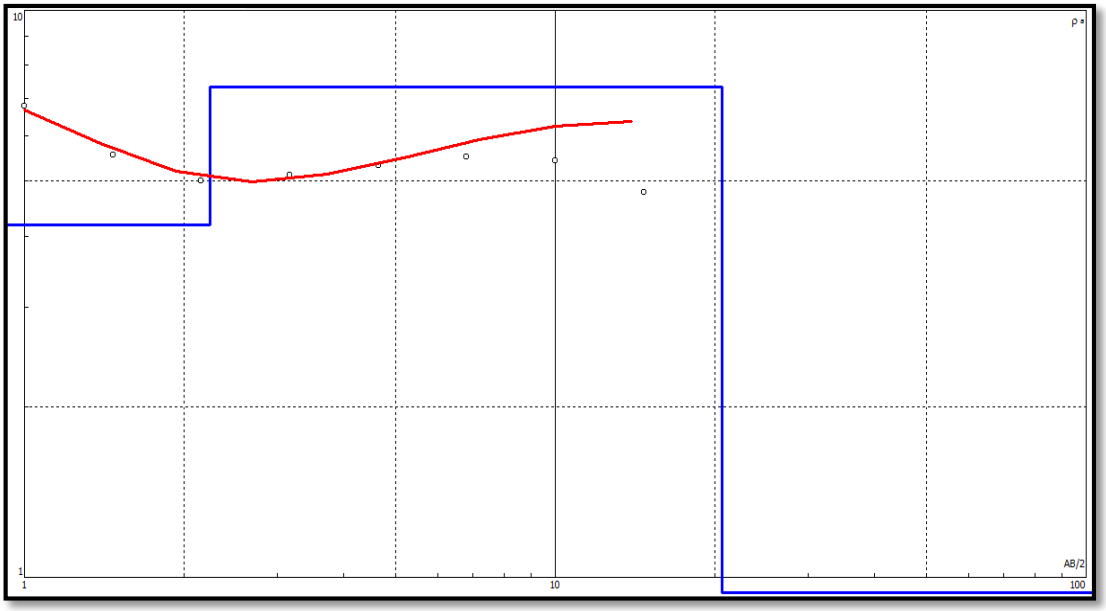


Figura 20. *Curva de resistividad aparente del SEV 2.*

- **SEV 3**

En esta línea la abertura máxima AB/2 fue de 21.5 metros, y con los datos que se obtuvo en el campo los cuales se los proceso en el programa IPI2Win se obtuvo el modelo que se describe a continuación.

La resistividad del primer estrato es de 10.5 Ω-m hasta unos 0.67 metros de profundidad siendo el estrato que tiene la mayor resistividad, el segundo estrato consta de 7.03 Ω-m de resistividad, un espesor de 1.1 m hasta una profundidad tope de 1.79 metros, el tercer estrato es indefinido y su resistividad es la más baja siendo apenas de 0.47 Ω-m. El perfil geoeléctrico C- C' de este sev se lo puede observar en la figura 29.

Seguidamente en la tabla 23 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 21 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 22 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 23. *Lecturas de resistividades del sev 3 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	6.78
1.47	0.2	16.66	6.31
2.15	0.2	35.99	5.7
3.16	0.2	78.11	5.43
4.64	0.2	168.78	5.08
4.64	0.5	86.85	5.14
6.81	0.2	363.92	0.16
6.81	0.5	144.91	4.8
10	0.5	313.37	0.05
14.7	0.5	678.08	0
14.7	2	166.58	3.99
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	0

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	10.5	0.675	0.675	-0.6749
2	7.03	1.11	1.79	-1.786
3	0.473			

Figura 21. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

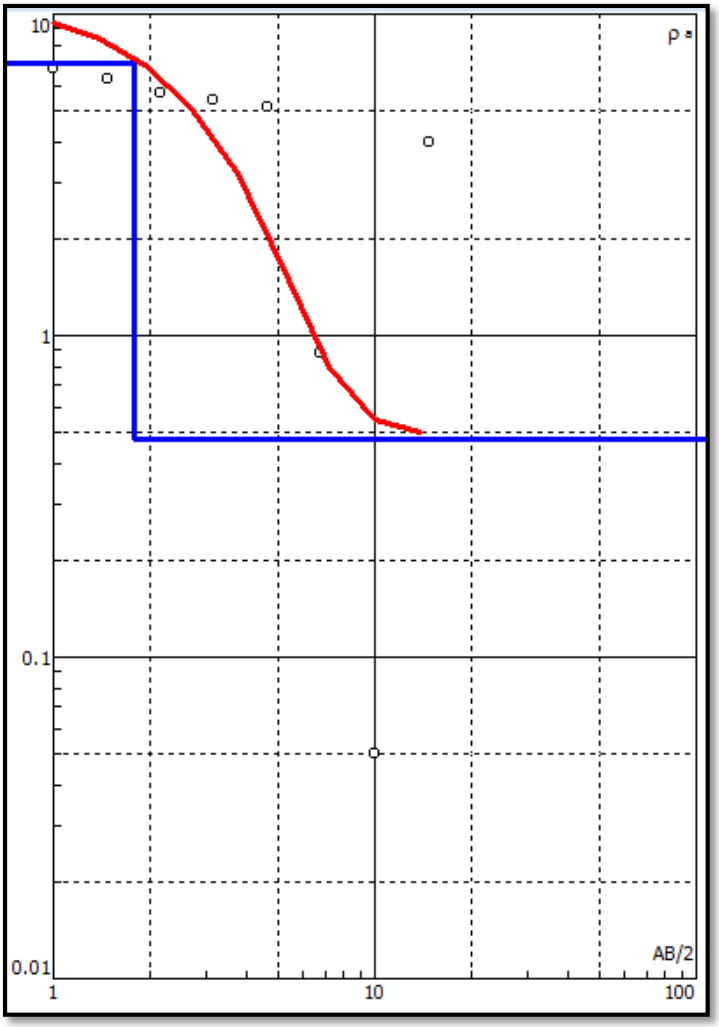


Figura 22. *Curva de resistividad aparente del SEV 3.*

- **SEV 4**

Para este SEV la abertura máxima AB/2 fue de 68.1 metros, realizando un total de 18 lecturas, y unas ves procesados estos datos de campo se obtuvo el modelo que describíos a continuación.

Se obtuvieron tres estratos de los cuales el primero tiene una resistividad de 5.53 Ω-m a una profundidad de 0.5 metros, el segundo estrato tiene 8.49 Ω-m, un espesor de 14.1 m y una profundidad tope de 14.6 metros, el tercer estrato es indefinido y consta de una resistividad muy baja de apenas 0.22 Ω-m. El perfil geoeléctrico D – D' de este sev lo observa en la figura 30.

A continuación en la tabla 24 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 23 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 24 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 24. *Lecturas de resistividades del sev 4 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	6.52
1.47	0.2	16.66	7.08
2.15	0.2	35.99	7.34
3.16	0.2	78.11	8
4.64	0.2	168.78	8.68
4.64	0.5	86.85	8.55
6.81	0.2	363.92	8.72
6.81	0.5	144.91	8.58
10	0.5	313.37	7.76
14.7	0.5	678.08	0
14.7	2	166.58	6.92
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	5.77
31.6	2	781.13	0
46.4	2	1687.79	0
46.4	5	668.52	0
68.1	2	3639.24	0
68.1	5	1449.1	0

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	5.53	0.5	0.5	-0.5
2	8.49	14.1	14.6	-14.63
3	0.222			

Figura 23. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

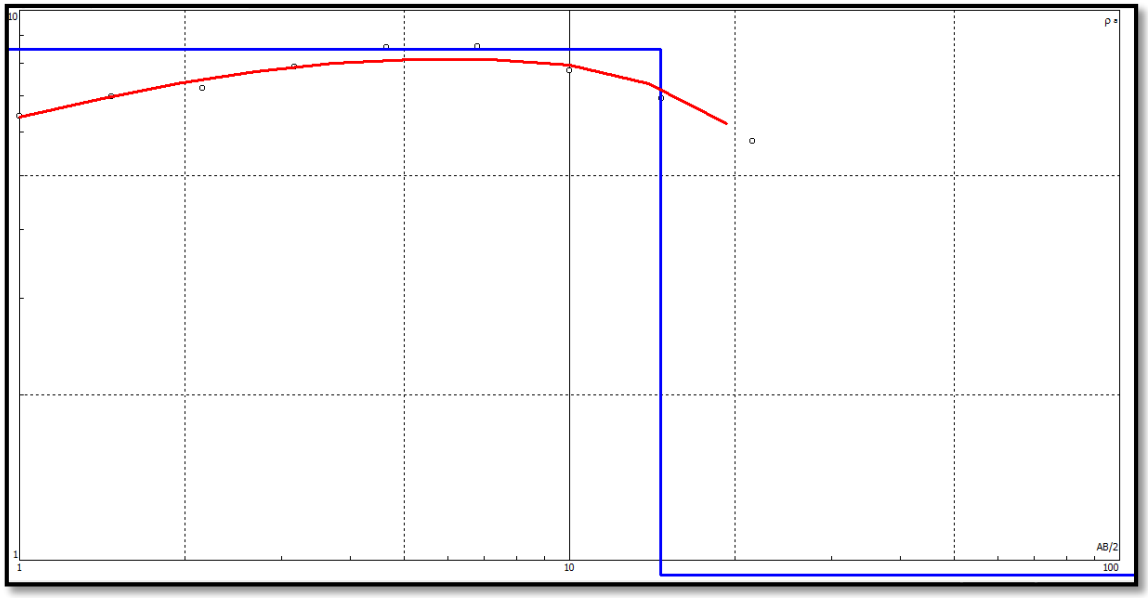


Figura 24. *Curva de resistividad aparente del SEV 4.*

- **SEV 5**

De acuerdo al análisis de los datos con el software IPI2Win, obtuvimos un modelo que consta de tres estratos con su respectiva resistividad.

El estrato superior tiene una resistividad igual a 5.03 Ω-m a una profundidad de 0.5 metros, el estrato siguiente consta de una resistividad de 8.01 Ω-m, un espesor de 1.74 m y una profundidad tope de 2.24 metros, el ultimo estrato es indefinido y tiene una resistividad de 5.11 Ω-m. El perfil geoeléctrico E – E' se lo puede observar en la figura 30.

A continuación en la tabla 25 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 25 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 26 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 25. *Lecturas de resistividades del sev 5 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	5.79
1.47	0.2	16.66	6.11
2.15	0.2	35.99	6.34
3.16	0.2	78.11	6.7
4.64	0.2	168.78	6.49
4.64	0.5	86.85	6.69
6.81	0.2	363.92	5.92
6.81	0.5	144.91	6.12
10	0.5	313.37	5.75
14.7	0.5	678.08	0
14.7	2	166.58	5.19
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	0
31.6	2	781.13	0
46.4	2	1687.79	0
46.4	5	668.52	0

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	5.03	0.5	0.5	-0.5
2	8.01	1.74	2.24	-2.236
3	5.11			

Figura 25. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

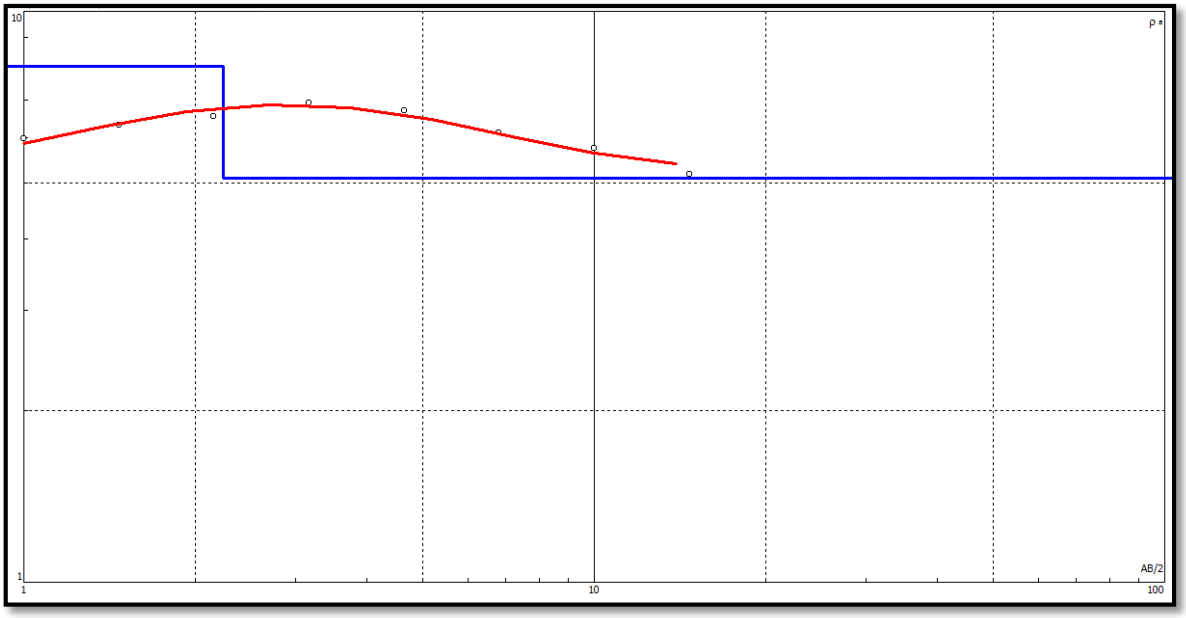


Figura 26. *Curva de resistividad aparente del SEV 5.*

- **SEV 6**

La abertura máxima AB/2 para este SEV es de 46.4 metros. Una vez procesados los datos de campo se obtuvo un modelo con tres estratos y sus distintas resistividades, las cuales se las describe a continuación.

La resistividad del primer estrato es de 7.45 Ω-m a una profundidad de 0.5 metros, el segundo estrato consta de una resistividad de 4.78 Ω-m, un espesor de 1,66 m, a una profundidad tope de 2.16 metros, el tercer estrato es indefinido teniendo la resistividad más alta, siendo esta de 8.05 Ω-m. El perfil geoeléctrico F – F' de este sev se lo observa en la figura 30.

Seguidamente en la tabla 26 se muestra todas las lecturas de resistividad obtenidas en el campo, en la figura 27 observamos los valores de la resistividad aparente de cada estrato, su espesor y su profundidad tope, mientras que la figura 28 representa la curva de las resistividades aparentes.

Tabla 26. *Lecturas de resistividades del sev 6 obtenidas en el campo.*

ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	Constante K	Resistividad (Ohm-m)
1	0.2	7.54	6.2
1.47	0.2	16.66	5.26
2.15	0.2	35.99	5.39
3.16	0.2	78.11	5.35
4.64	0.2	168.78	5.63
4.64	0.5	86.85	5.96
6.81	0.2	363.92	0
6.81	0.5	144.91	6.51
10	0.5	313.37	7.26
14.7	0.5	678.08	0
14.7	2	166.58	7.37
21.5	0.5	1454.42	0
21.5	2	359.91	0
31.6	2	781.13	0
46.4	2	1687.79	0
46.4	5	668.52	0

Fuente: elaboración propia.

N	ρ	h	d	Alt
1	7.45	0.5	0.5	-0.5
2	4.78	1.66	2.16	-2.159
3	8.05			

Figura 27. *Resistividad aparente (ρ), espesor (h), y profundidad tope (d).*

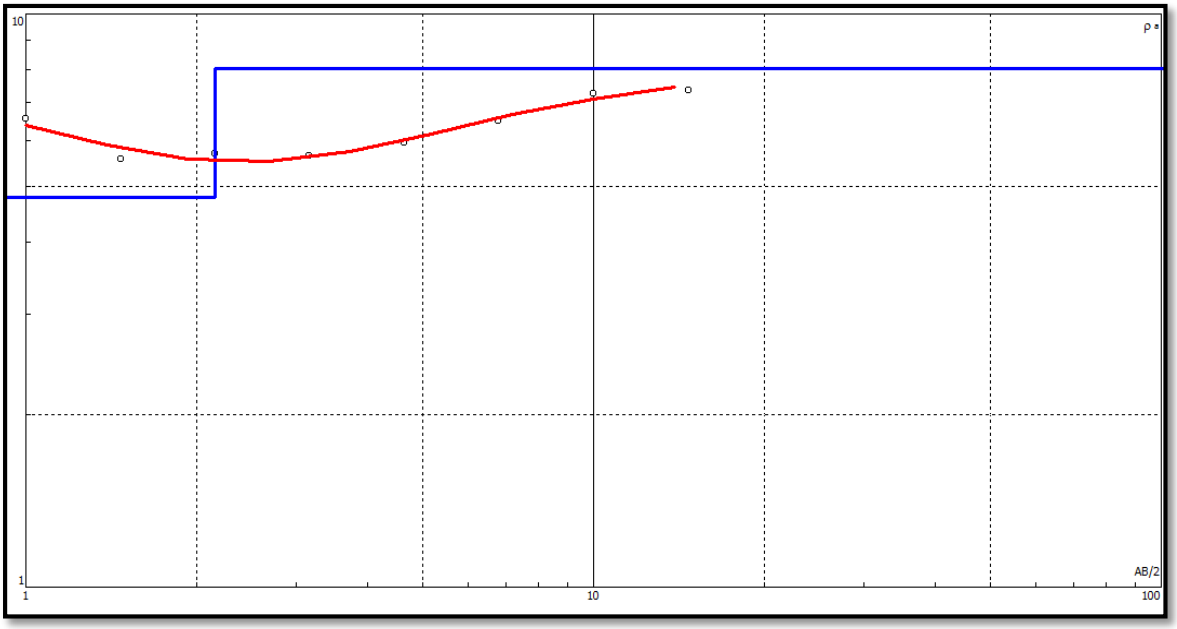


Figura 28. *Curva de resistividad aparente del SEV 6.*

8.2.9. Perfiles geoeléctricos de los sondeos eléctricos verticales (SEV)

Los diferentes perfiles geoeléctricos de cada uno de los sev se los elaboró manualmente mediante la relación de las resistividades obtenidas por el procesamiento de los datos de campo por el software IPI2Win con varias tablas de resistividad de los materiales (**ver anexo 11**) y teniendo en cuenta la litología de nuestro sector de estudio. Los 6 perfiles geoeléctricos se muestran a continuación:

PERFILES GEOELÉCTRICOS DE LA PARTE OESTE DEL SECTOR DE ESTUDIO

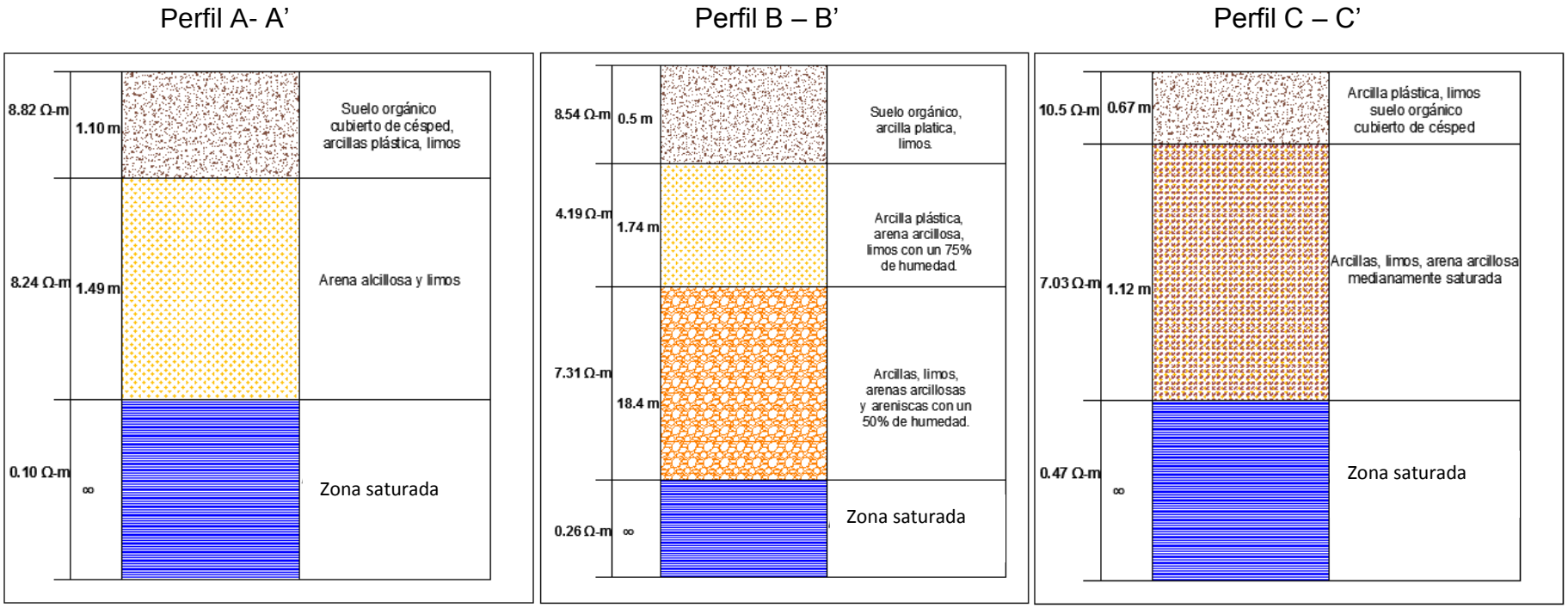


Figura 29. *Perfiles geoeléctricos de los SEV 1, 2 y 3 de izquierda a derecha.*

PERFILES GEOELÉCTRICOS DE LA PARTE ESTE DEL SECTOR DE ESTUDIO.

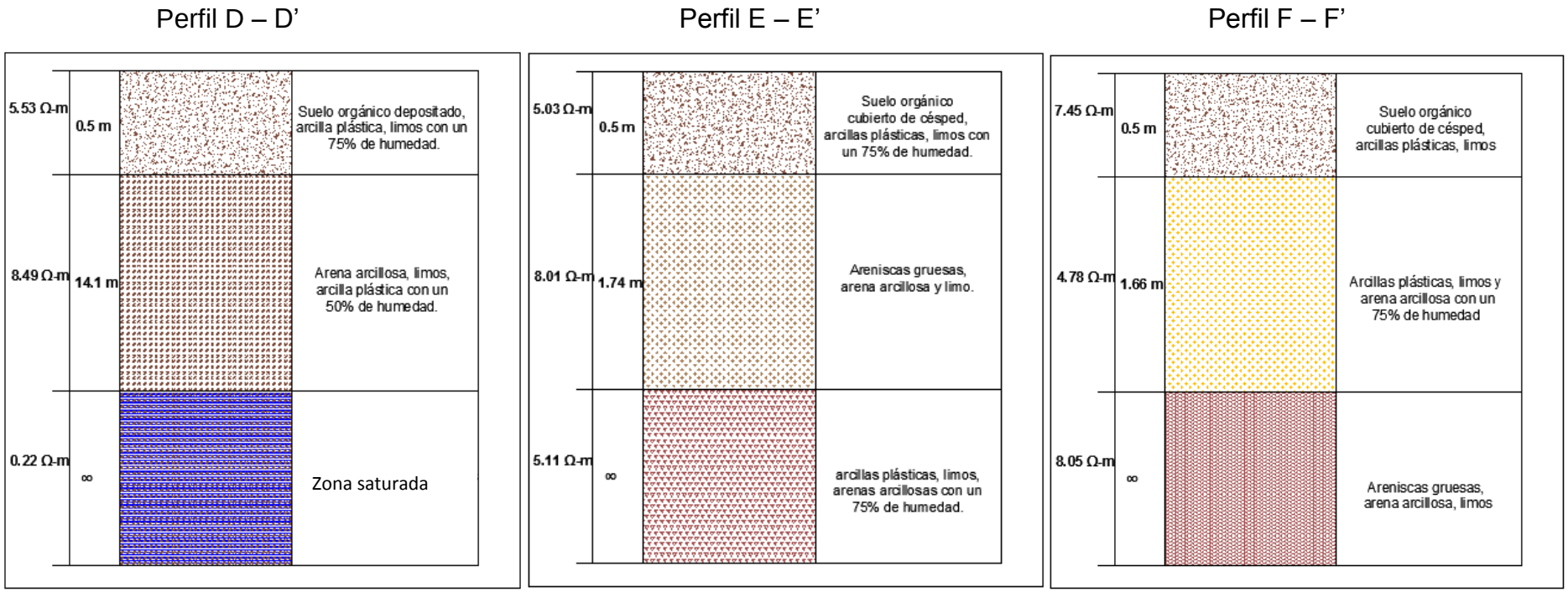


Figura 30. *Perfiles geoeléctricos de los SEV 4, 5 y 6 de izquierda a derecha.*

Los sondeos eléctricos verticales 1, 2, y 3 se encuentran ubicados en la parte superior de la vía de integración barrial, y están distribuidas de sur a norte, haciendo la relación de las mismas podemos observar que los tres perfiles geoeléctricos nos dan valores parecidos en cada una de los estratos correspondientes, teniendo en el primer estrato valores de resistividad que van desde 8.5 Ω-m a 10.5 Ω-m y profundidades de 0.5 a 10.10 metros, en el segundo estrato tenemos de la misma manera resistividades similares, mismas que van en un rango de 4.10 Ω-m a 8.5 Ω-m, y con profundidades promedio de 1.80 metros, de igual manera en el último estrato de las tres columnas tenemos los valores más bajos de resistividad siendo todos menor a la unidad, representando zonas saturadas, y este estrato no tiene una profundidad definida.

Los tres sondeos eléctricos verticales (SEV) 4, 5 y 6 están ubicados en la parte baja de la vía de integración barrial y se encuentran distribuidos de norte a sur, de igual manera hacemos la correlación de los tres perfiles geoeléctricos en cada uno de sus estratos, esto nos da como resultados que los tres perfiles constan de tres estratos, y que los valores de resistividad son muy similares en cada uno de ellos.

Los valores de resistividad de los tres perfiles en el primer estrato van de 5.0 Ω-m a 7.5 Ω-m y todas hasta 0.5 metros de profundidad, el segundo estrato de igual manera tiene una resistividad que va desde 4.7 Ω-m a 8.5 Ω-m con un espesor predominante de 1.8 metros, variando este solo en el perfil del sev cuatro ya que el espesor del segundo estrato es de 14. 1 metros, en el último estrato de los perfiles 5 y 6 observamos igual similitud de resistividad con valores de 5 Ω-m y 8 Ω-m respectivamente, teniendo un valor de resistividad menor a la unidad solo en el último estrato del perfil geoeléctrico del sev 4, lo que indica que existe material saturado a una profundidad de 14.6 metros.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado podemos saber que se tiene prácticamente el mismo tipo de material en cada uno de los estratos respectivos de los seis perfiles geoeléctricos tal como podemos observar en la descripción de

la litología en cada uno de ellos, lo único que varía es el contenido de agua o porcentaje de humedad en cada uno.

De esta manera corroboramos la geología de nuestro sector relacionando las resistividades obtenidas con tablas que nos da las resistividades de los materiales. Los resultados obtenidos mediante el procesamiento de los datos de los seis sondeos eléctricos verticales (SEV) nos sirvieron al momento de asignar pesos a las distintas variables que utilizamos para realizar el análisis de susceptibilidad a deslizamientos de nuestra área de estudio.

Una vez realizado el análisis individual de cada una de los perfiles geoeléctricos de los SEV, se tiene también la interrelación de los perfiles geoeléctricos en conjunto, tanto los que están en la parte Oeste como al Este, esto con el fin de corroborar tanto la resistividad de los materiales y la profundidad de cada uno de los estratos identificados. El resultado de esta interrelación se muestra en la figura 31,32 y 33.

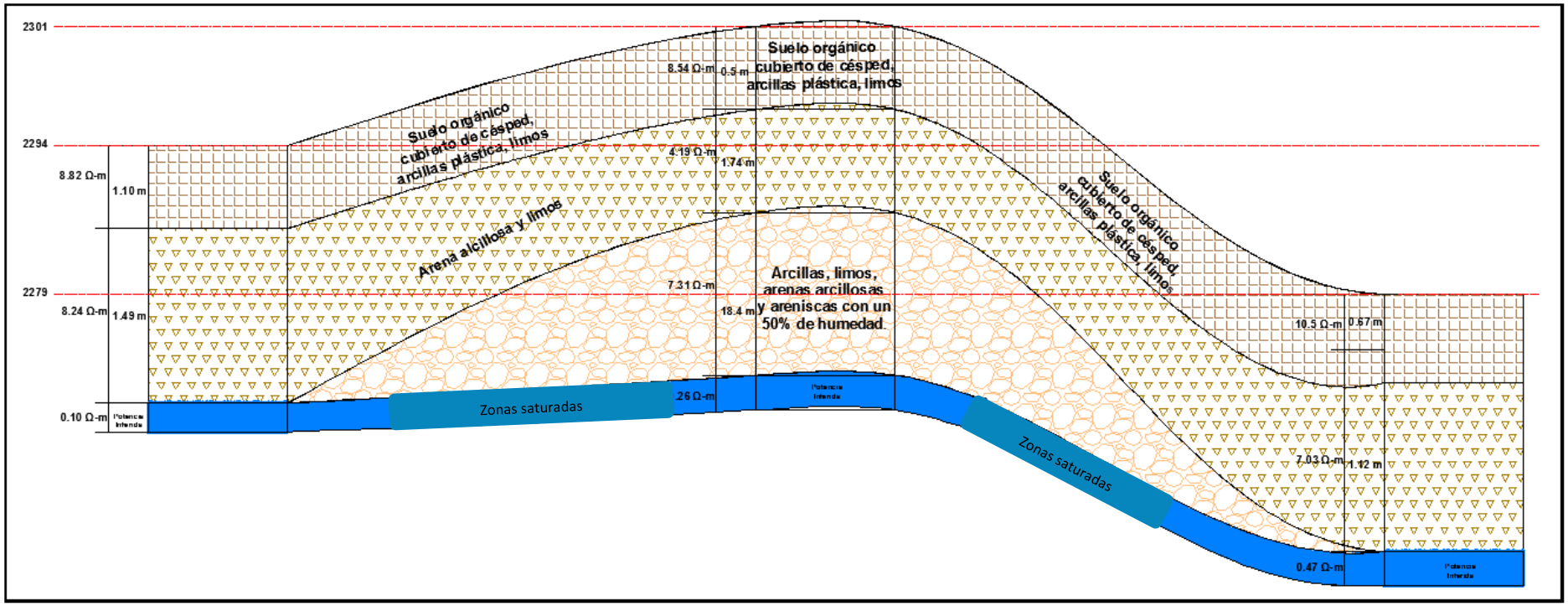


Figura 31. *Corte geoeléctrico de los SEV 1, 2 y 3 ubicados en la parte Oeste del sector de estudio.* ***Fuente:*** *Elaborado por el autor.*

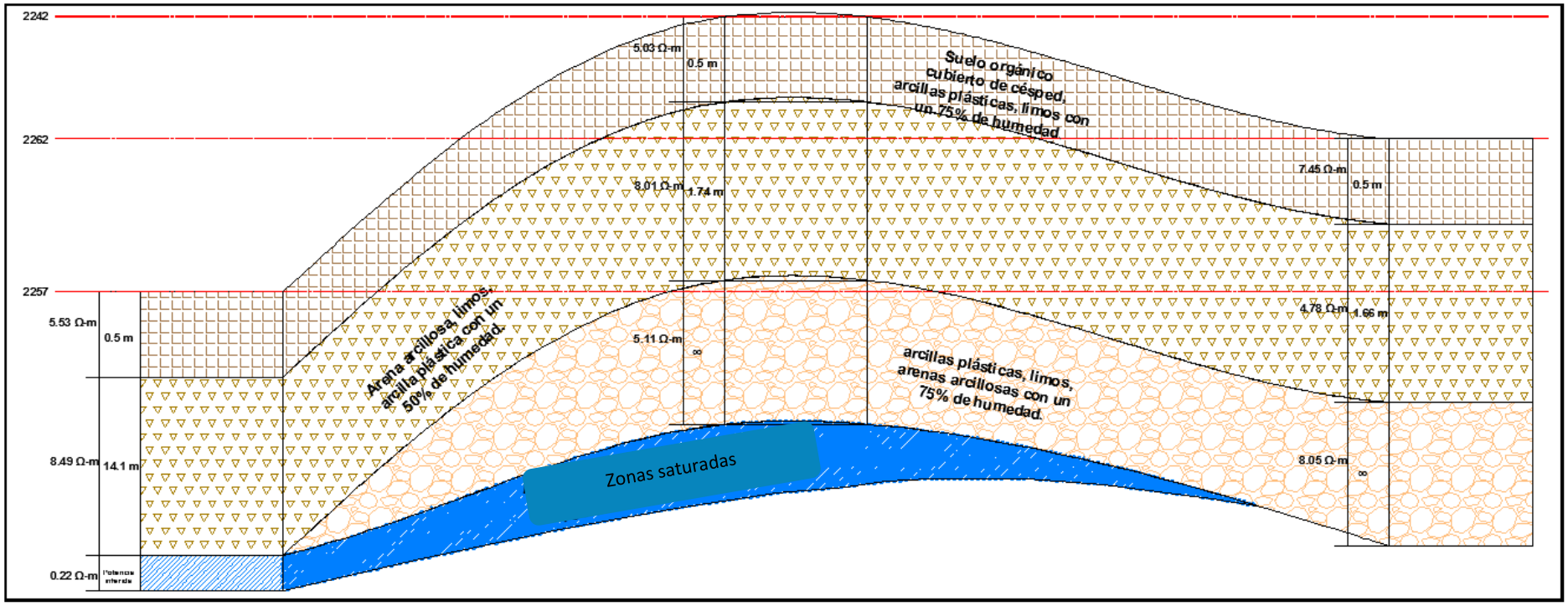


Figura 32. *Corte geoeléctrico de los SEV 4, 5 y 6 ubicados en la parte Este del sector de estudio.* ***Fuente:*** *Elaborado por el autor*

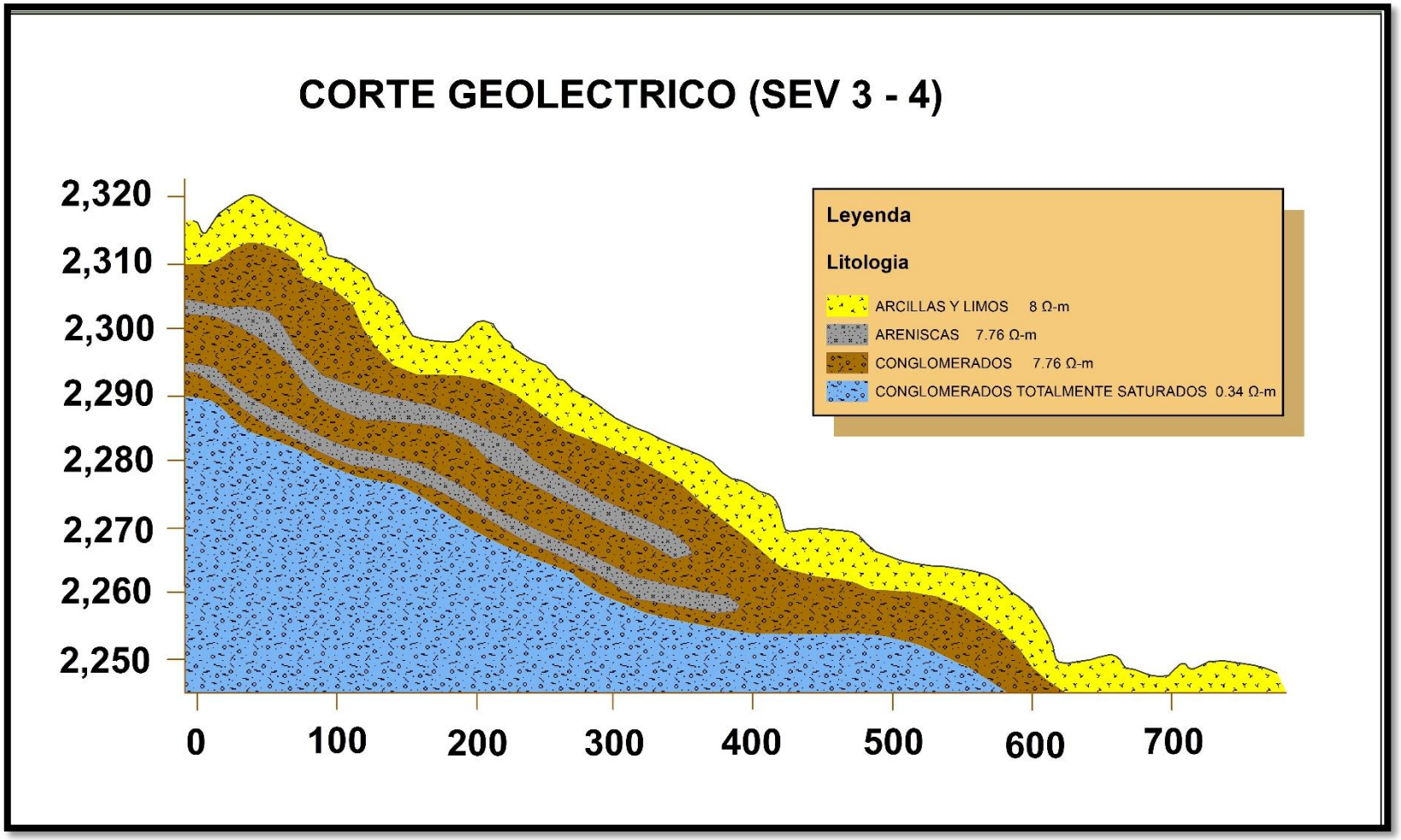


Figura 33. *Corte Geoeléctrico del SEV 3 y 4.* ***Fuente:*** *Elaboración Propia.*

Mediante esta interrelación podemos determinar que cada uno de los valores de los materiales a las distintas profundidades correspondientes de los SEV realizados, tienen una similitud tanto en resistividad como en profundidad.

En la parte Oeste donde se encuentran los SEV 1, 2 y 3, mediante esta correlación de información nos da como resultado 4 estratos de material, iniciando con uno de suelo orgánico, arcillas y limos, con una resistividad promedio de 8.82 Ω m, le sigue otro de arena arcillosa y limos, con resistividad promedio de 8.24 Ω m, como siguiente tenemos uno de arena arcillosa y limos con un 50% de humedad y resistividad promedio de 7.31 Ω m, y finalmente la resistividad decae notablemente a 0.10 Ω m, lo que nos indica que el cuarto estrato está saturado de agua.

En la parte Este donde se encuentran los SEV 4, 5 y 6, tenemos como resultado igualmente 4 estratos de material, que inicia también con suelo orgánico depositado, arcillas y limos con un 75 % de humedad y su resistividad promedio es de 5.53 Ω m, el siguiente estrato es de arena arcillosa, arcillas plástica con 50% de humedad con resistividad promedio de 6.66 Ω m, le sigue un estrato de arcillas plástica y limos con un 75% de humedad y resistividad promedio de 6.5 Ω m, y finalmente en esta parte también decaen notablemente los valores de resistividad a 0.22 Ω m, lo que indica también la presencia de un estrato saturado de agua.

En esta correlación trabajamos con las alturas en las que se hicieron cada uno de los SEV, esto para tener una idea del relieve que toman los estratos determinados, en ambos casos el último estrato salió totalmente saturado de agua y de acuerdo a la profundidad que se encontró tanto en la parte Oeste como en la Este se determinó que el nivel freático está en un promedio de 7.3 m de profundidad.

El corte geoeléctrico del SEV 3 y 4 esta relacionando la geología local, en el primer estrado se encuentra las arcillas y limos con un espesor de 4 metros, en el

segundo estrato se encuentra el conglomerado con intercalaciones de areniscas que tienen una potencia de 1 metro, y como último estrato y este es indefinido tenemos el mismo conglomerado pero totalmente saturado de agua lo que le da valores de resistividad de 0.34 Ω m.

8.2.10. Susceptibilidad a deslizamientos.

Para realizar el análisis de susceptibilidad a deslizamientos, se tomó en cuenta las condiciones del área de estudio para establecer las diferentes variables que utilizamos en el análisis, empleamos la herramienta informática ArcGis 10.1 debido a que esta nos permite el análisis en conjunto de las variables utilizadas para tener como resultado un estudio satisfactorio.

Una vez establecidas las diferentes variables clasificamos los elementos que conformarían cada condición, esto de acuerdo a criterios de estudios realizados previamente. Se estableció dos condiciones, la primera denominada intrínseca, misma que contempla la geomorfología, pendiente y geología, la segunda condición se denomina biológica, conformada por la cobertura vegetal y las zonas de influencia a 25 metros de la red hidrográfica **(ver anexo 12).** Para realizar la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos utilizamos la suma de rangos y el valor esperado que se emplea en el método estadístico, organizando cada variable jerárquicamente de acuerdo a su grado de importancia (ver figura 34).

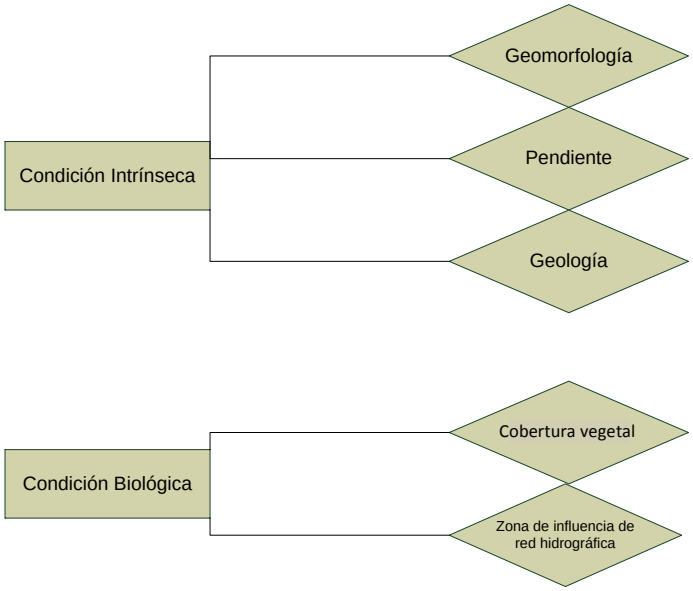


Figura 34. *Condiciones y variables empleadas en el estudio de susceptibilidad a deslizamientos.*

Con las condiciones y variables establecidas procedimos a utilizar el método de la suma de rangos y posteriormente el método del valor esperado, métodos donde se emplea varios pasos y formulas, tal como se explica en la metodología para la elaboración del mapa de susceptibilidad, la suma de las distintas variables de cada condición deben ser igual a la unidad.

A continuación mostramos en la tabla 27 en la que se puede apreciar de mejor manera los pesos asignados a las condiciones y a sus respectivas variables según (Janssen and Van Herwijnen, 1994) mientras que los pesos que se asignó a los elementos de cada variable se la hizo en base a los criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos de Sarkar y Kanungo, 2004, el rango de los pesos para los elementos va desde 1 que es el valor de menor susceptibilidad y 5 que sería el valor de mayor susceptibilidad.

Tabla 27. *Jerarquización de los componentes en el estudio de susceptibilidad a deslizamientos en el sector Menfis Central-Obrapía.*

Condición	Variable	Elementos	Peso
Intrínseca (0,75)	Geomorfología (0,50)	Valle coluvio aluvial	3
		Valle erosional con fondo aluvial y vertientes fuertes	3
		Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	4
		Cimas aterrazadas y plano convexas	1
		Laderas planas a convexas	2
		Laderas cóncavas suaves	1
		Laderas convexas	2
		Escarpes	4
		Cuerpos en forma de herradura	3
		Superficie plana a ondulada	1
		Laderas cóncavas a rectas	2
		Escarpe de talud de vía	5
		Laderas cóncavas escarpadas	3
	Pendiente (0,33)	Muy baja	1
		Baja	2
		Media	3
		Alta	4
		Muy alta	5
	Geología (0,17)	Arcillas y Limos	3
		Depósitos Aluviales	2
		Material de Relleno	4
		Areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos	2
Biológica (0,25)	Cobertura vegetal (0.66)	Cultivos	3
		Vegetación arbórea	1
		Zona erosionada sin cobertura vegetal	4
		Infraestructura	1
		Tanque de Agua	4
		Pastos cultivados	3

		Deslizamientos	5
		Pastos Naturales	2
	Zona de influencia de la red hidrográfica (0,34)	Área de influencia de las quebradas	5
		Zonas sin presencia de hidrografía	1

Fuente: Elaborado por el autor.

8.2.11. Valoración e interpretación de las zonas susceptibles

La valoración e interpretación se realizó con la herramienta suma ponderada, mediante el modelo de construcción MODEL BUILDER con el que cuenta el programa ArcGis 10.1. Este modelo es una herramienta que nos permite el diseño de flujogramas, creación de modelos y modificar sus propiedades, también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo, de tal manera que nos facilita la obtención de resultados a través del análisis de las variables utilizadas para el estudio de susceptibilidad a deslizamientos (ver figura 35).

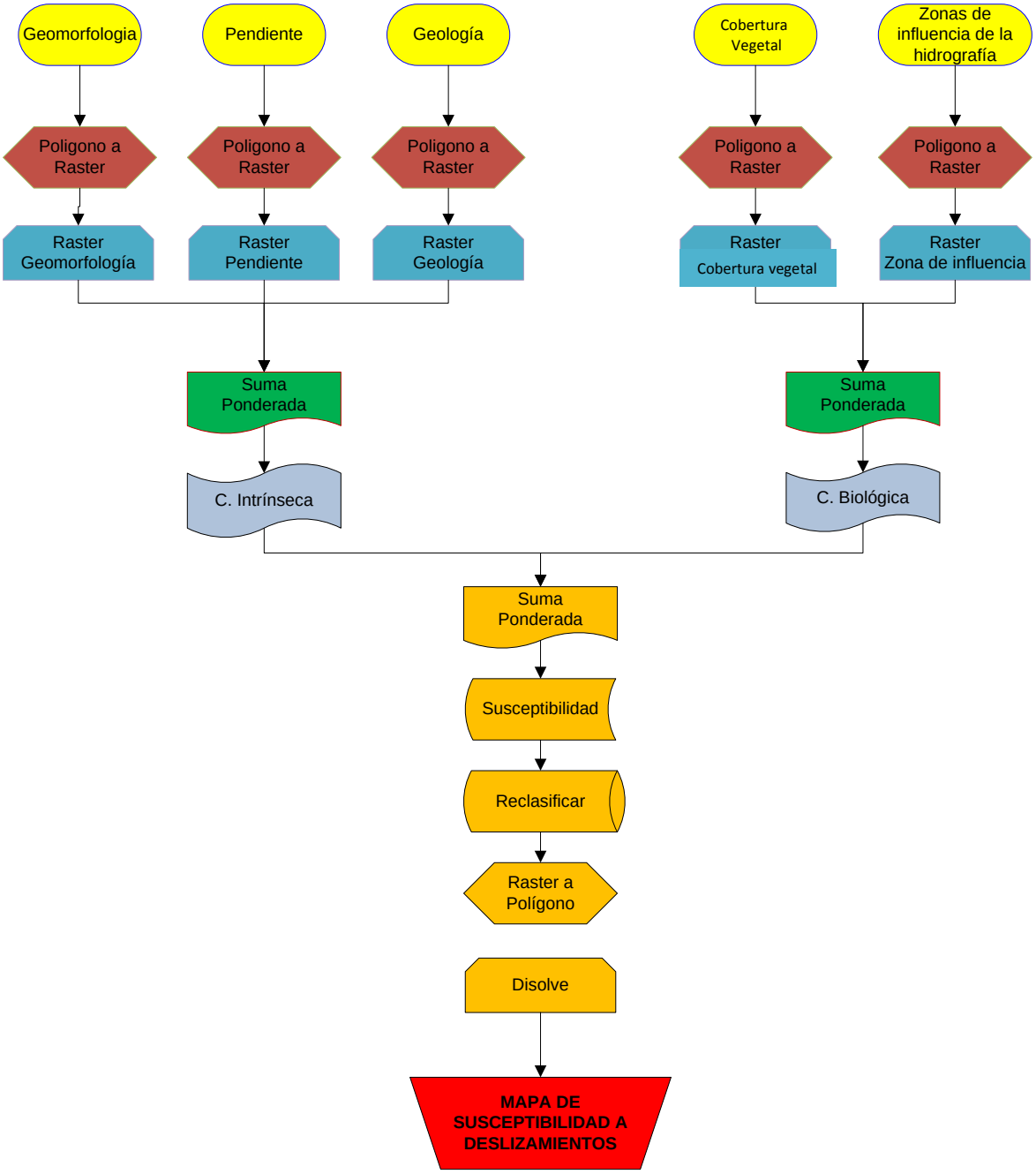


Figura 35. *Diagrama de flujo para la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos.*

Fuente: *Elaborado por el autor.*

Mediante la elaboración del modelo expuesto anteriormente dio como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del sector Menfis Central-Obrapía (**ver anexo 13**), se lo reclasificó en cinco clases tal como se lo muestra en la tabla 28.

Tabla 28. *Clases de susceptibilidad a deslizamientos del sector Menfis Central-Obrapía.*

SUSCEPTIBILIDAD	ÁREA	PORCENTAJE %
MUY BAJA	41.38	48.40
BAJA	14.24	16.65
MEDIA	10.82	12.65
ALTA	5.92	6.92
MUY ALTA	13.10	15.32
Total	**85.48**	**100**

Fuente: Elaboración propia a partir del anexo 13.

La clase de susceptibilidad muy baja consta del 48,40% del total del área de estudio, distribuida mayormente en la parte central y norte del área de estudio. Constituida por laderas cóncavas a rectas, superficies planas onduladas y laderas aterrazadas, con una litología compuesta por arcillas, limos y areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos con una pendiente muy baja a baja lo cual conlleva a que no haya susceptibilidad a deslizamientos, cuyo suelo se ocupa en pastos naturales, cultivados e infraestructura.

La clase de susceptibilidad baja representa el 16,65% del área de estudio. Se encuentra mayormente en la parte norte del área intervenida, constituida por laderas cóncavas saturadas y dinámicas. Su litología consta de arcillas y limos con una pendiente baja a media, en esta clase de susceptibilidad predominan los pastos cultivados y cultivos de maíz.

La clase de susceptibilidad media conlleva el 12,65% del área de estudio. Se encuentra distribuido en todo el sector intervenido y consta de valles erosionados con fondo aluvial y vertientes fuertes con una litología compuesta por arcillas,

limos y depósitos aluviales con una pendiente media, predominando el cultivo de pastos y maíz.

La clase de susceptibilidad alta abarca el 6.92% del área. Y está caracterizada por escarpes con una litología que comprende arcillas, limos y material de relleno artificial con una pendiente media a alta, predominando las zonas erosionadas sin cobertura vegetal.

Mientras que la clase de susceptibilidad muy alta consta del 15.32% del total del área de estudio y se encuentra mayormente al sur de sector, está constituida por deslizamientos activos, valles coluvio aluviales, escarpes de talud de vía, laderas cóncavas saturadas y las áreas de influencia a 25 metros de cada una de las quebradas presentes en el área de estudio. Su litología se conforma de arcillas y limos con una pendiente alta a muy alta, lo que provoca que sea muy susceptible a la ocurrencia de deslizamientos

El 22,24% del área de estudio está inmerso en un grado de susceptibilidad alta y muy alta, actualmente dentro del área representada por estas dos categorías se encuentra ocupada por deslizamientos, escarpes de talud de vía, causes de quebradas y su litología en su totalidad es de arcillas y limos, los cuales se encuentran saturadas de agua y tienen una pendiente alta a muy alta lo que la hace un área muy susceptible a los deslizamientos, dentro de estas dos categorías se encuentran 10 viviendas y estimando 5 personas por vivienda sería un total de 50 personas que estarían en riesgo a cualquier deslizamiento. Mientras que la mayor parte de caseríos se encuentran dentro del área con susceptibilidad muy baja y baja, lo que no ocasiona ningún problema ni pérdida por presencia de deslizamientos.

9. ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

9.1. Geología

9.1.1. Introducción

El presente ítem tiene como objeto caracterizar, desde el punto de vista geológico-geotécnico, los geomateriales de la zona de estudio comprendida desde el Barrio Menfis Central hasta el sector de Obrapía. Esta caracterización geológica- geotécnica permite determinar: 1) los sustentos referidos a la interpretación y zonificación a la susceptibilidad de deslizamientos; y, 2) el comportamiento mecánico preliminar de los materiales existentes en dicha zona de análisis.

Como punto de partida, se emplea la información recopilada bibliográficamente y en formato digital; así como su corroboración en trabajos de campo. Desde el punto de vista cartográfico se analizó, evaluó e interpretó la siguiente cartografía:

- Carta geológica de Loja a escala 1: 100 000
- Mapa topográfico de Loja a escala 1: 50 000
- Levantamiento Topográfico a escala 1: 4 000
- Levantamiento Geológico a escala 1: 4 000

Finalizado el trabajo de interpretación cartográfica en gabinete, se llevó a cabo un reconocimiento previo del terreno, que consistió básicamente en la realización de una cartografía geológica a detalle, con el fin de obtener la información geológica, estructural y presencia de los principales movimientos de masa en la zona. Posterior a ello, se definió la campaña de exploración geotécnica que consistió en geofísica (Sondeos Eléctricos Verticales – SEV-), SPT y toma de muestras en afloramientos y calicatas. En el levantamiento geológico se especificó:

a) Litología y Estratigrafía de las formaciones existentes en la zona de estudio, definiendo los tipos litológicos presentes y delimitando los mismos

por medio de contactos. Se analizó la Formación Trigal y Belén en su preferencia.

b) Estructura geológica de la zona de estudio en lo que se refiere a: presencia/ausencia de fallas, diaclasas, discordancias y cualquier otra discontinuidad.

c) Identificación de zonas potencialmente inestables con cuantificación subjetiva de los posibles riesgos geológicos derivados a la citada inestabilidad, prestando especial atención a las zonas de expansión urbana con relación a la vía.

Posteriormente y luego de una interpretación de la información digital procesada, se llevó a cabo los trabajos de campo consistentes en complementar y comprobar dicha información, adaptándola a la escala de trabajo 1:4 000.

Tanto los Sondeos Eléctricos Verticales – SEV- , la realización de SPT sirvieron para evaluar sistemáticamente:

- El primer paso ha consistido en adaptar la cartografía geológica 1:4.000 a la interpretación del estudio Geotécnico. A continuación, se ha procedido a reconocer en campo las diversas formaciones específicamente la Trigal y Belén, con énfasis a los estratos de arcilla, areniscas gruesas; así como identificación y caracterización del microconglomerado. Así mismo se han estudiado en detalle los procesos erosivos y de inestabilidad de laderas, así como su relación con la presencia de aguas subterráneas lo que generarían riesgos geológicos en las zonas de influencia de la vía.

- La geología a detalle, a escala 1: 4 000, permitió además, determinar los geomateriales propensos a desintegración física, química y biológica (meteorización) en la zona y compararla con variables geotécnicas

(comportamiento mecánico) del material como son: cimentación, excavabilidad, movilidad y estabilidad.

9.2. Geotecnia

9.2.1. Características generales de las unidades geotécnicas

Se resumen a continuación las principales características geotécnicas de los dos grandes grupos estratigráficos atravesados por la traza, comenzando desde el más moderno.

UNIDAD GEOTÉCNICA1. ARCILLAS Y LIMOS. FORMACIÓN TRIGAL

- **Litología: Formación Trigal.**

De edad Miocena Media, está formado por areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados (compuestos por abundantes clastos de rocas metamórficas y pequeños clastos volcánicos (> 1cm) y capas menores de limolitas. Las areniscas muestran estratificación cruzada. La potencia varía cerca de 50 m en el oeste a 150 m en el este hacia el contacto con la Formación La Banda. Existe presencia de arcillas y limos con estratificación horizontal, con un buzamiento a favor de la vía de integración barrial, lo que las vuelve propensas a deslizarse a causa de las precipitaciones y el sobrepeso provocado por el creciente aumento de viviendas en el sector.[20]

- **Geología.**

La simbología de esta unidad se observa en la figura 36, donde se ven involucradas las arcillas y limos, depósitos aluviales y material de relleno, con

[20] - HUNGERBUHLER Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich.
-Kennerley, J.B. 1973. Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp.GGS, Nottingham.

coloración tomate, rosado y gris respectivamente, de la cual solo se tomó en consideración las arcillas y limos por ser las más abundantes y representativas de esta unidad geotécnica, pertenecen a la formación Trigal de la época Mioceno Medio la cual está inmersa en el periodo Cuaternario.

Material de relleno	M_B		HOLIGOCENO	CUATERNARIO
Deposito aluvial	M_B			
Arcillas y Limos	M_T	F. Trigal	MIOCENO MEDIO	TERCIARIO
Areniscas Gruesas y Depósitos Conglomeraticos	M_B	F. Belén	MIOCENO INFERIOR	

Figura 36. *Simbología de la unida geotécnica 1.*

- **Estructura.**

Estos materiales arcillosos y limos del Mioceno Medio, se presentan asociados a material residual y capas de materia vegetal, ocupando las pendientes más bajas. En el caso de la zona de estudio los espesores alcanzados por los estratos de arcillas y limos son de 4 m en ocasiones con intercalaciones de capas de areniscas de entre 2 a 3 metros.

- **Geotecnia.**

En general se puede adoptar para este tipo de materiales una capacidad portante media-baja y alta deformabilidad.

- **Interrelación con SEV.**

Interrelacionando esta información con los resultados de los sondeos eléctricos verticales (SEV 1 y 3) realizados en estas zonas donde existe la presencia de arcillas y limos, se corrobora o se refuerza nuestro fundamento de que estas

áreas son las más susceptibles a deslizarse por su gran contenido de agua y alto grado de deformabilidad, los valores de resistividad para estos materiales fueron los más bajos, siento de 0.47 Ω-m a una profundidad de apenas 1.5 metros.

- **Interpretación SPT.**

Los suelos arcillosos hasta los 4m presentan densidades de 2,16 gr/cm^3. Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.7/0.3 (forma/redondeamiento) y son preferentemente finos (60 – 80%).

Corresponden a materiales con un porcentaje medio de finos mayor 60% en los primeros 4 metros de profundidad y plasticidad media (50 - 54% de límite líquido L.L.) el límite plástico L.P., varía entre los 18 a 31 %. Su índice de plasticidad I.P. oscila entre 18 al 36%, a alta (60% de LL) lo que permite clasificar al material como CH (SUCS) Y A-7-6 (AASHTO) reconocidas como arcillas de alta plasticidad (**ver anexo 14).**

La resistencia a la compresión simple a los 2 m es de 3.01 Kg/cm², con una humedad de 14.56 % y densidad de 2.16gr/cm^3. En base a los datos del SPT a los 4m, la N30 varía entre 18 – 30 golpes lo que permite considerarlos como suelos medios.

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 numero 29:

Tabla 29. *Criterios para la determinación y posible catalogación de ARCILLAS EXPANSIVAS*

Limite 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	

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones de Estabilidad. El ángulo de talud recomendado para secciones en terraplén es de 3.5 H: 1V. Por su parte, es de esperar que taludes totalmente saturados, presenten condiciones de estrías y grietas de tensión superiores a 20 cm.

Como excavabilidad, los materiales arcillosos se pueden extraer por medios mecánicos convencionales (Palas/Excavadoras/Retroexcavadoras). Esta unidad se considera permeable (valores de coeficiente de permeabilidad k>10-^{1} cm/seg[21]) con drenaje preferente por porosidad intergranular, lo que satura los niveles de suelo (20 cm).

[21] Mg. Ing. Silvia Angelone, Ing. María Teresa Garibay (2006); Permeabilidad de los Suelos, GEOLOGÍA Y GEOTÉCNICA, pág., 16.

UNIDAD GEOTÉCNICA 2. ARENISCAS GRUESAS Y DEPÓSITOS CONGLOMERATICOS. FORMACIÓN BELÉN.

- **Litología: Formación Belén.**

Caracterizada por gruesas capas de areniscas marrón de grano granulado, muestran estratificación cruzada en escalas métricas, además contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Su máximo espesor 300m está en contacto concordante con la Formación La Banda.[22] La edad se asume al Mioceno Inferior. Los depósitos conglomeraticos se encuentran presentes en la parte central de nuestro sector de estudio, están intercalados con capas de areniscas grises, siendo esta parte de nuestra zona de estudio la que presenta mejor estabilidad en sus taludes y mejores condiciones para construir.

- **Geología**.

La simbología geológica de esta unidad se describe a continuación en la figura 37, donde se observa con coloración amarilla a las areniscas gruesas y depósitos Conglomeraticos pertenecientes a la formación Belén concerniente a la época Mioceno Inferior que está dentro del periodo terciario.

Material de relleno	M_B		HOLIGOCENO	CUATERNARIO
Deposito aluvial	M_B			
Arcillas y Limos	M_T	F. Trigal	MIOCENO MEDIO	TERCIARIO
Areniscas Gruesas y Depósitos Conglomeraticos	M_B	F. Belén	MIOCENO INFERIOR	

Figura 37. *Simbología de la unidad geotécnica 2.*

[22] - HUNGERBUHLER Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich.
-Kennerley, J.B. 1973. Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp.GGS, Nottingham.

- **Estructura.**

Estos materiales conglomeraticos y de areniscas del Mioceno Inferior, se encuentran intercalados entre si siendo las de mayor potencia los depósitos conglomeraticos con espesores de entre 1.5 a 3 metros según lo que se evidenció en los taludes expuestos en el sector, mientras que los estratos de areniscas varían de 2 a 3 metros tal como se ve en la figura 38.

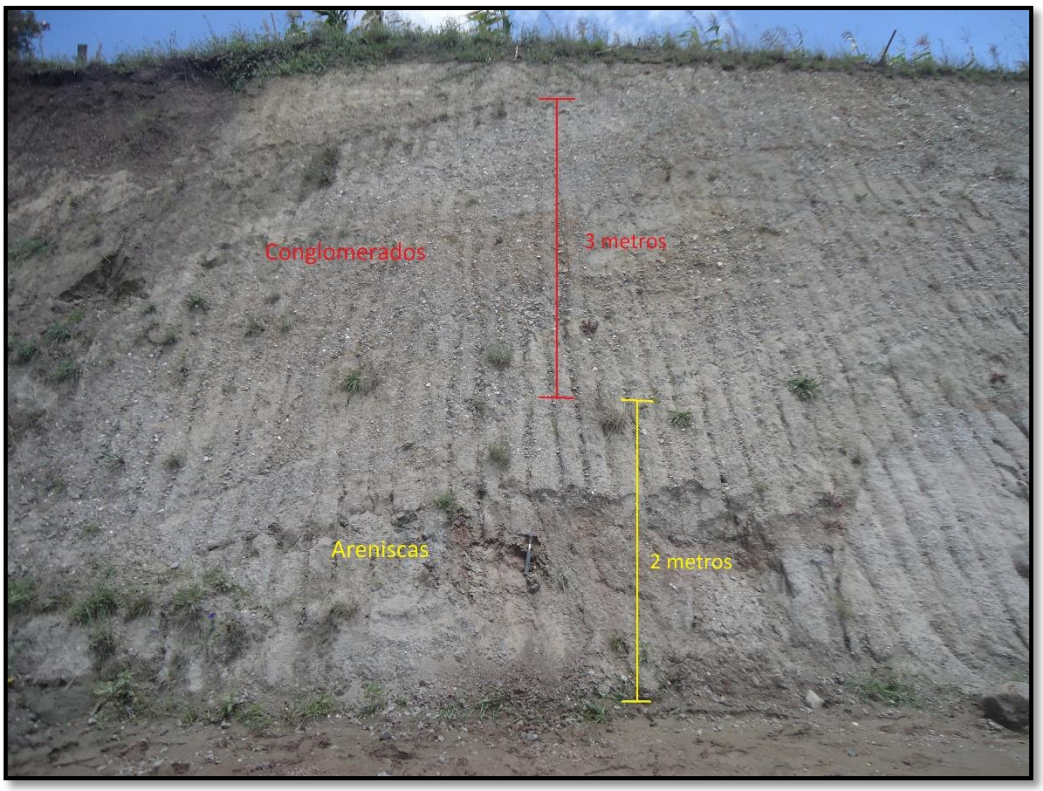


Figura 38. *Potencia de los materiales (conglomerados y areniscas)*

- **Geotecnia.**

Para este tipo de materiales se puede relacionar con una capacidad portante de media a alta, y una baja deformabilidad.

- **Interrelación con el SEV.**

Haciendo la interrelación con los resultados del SEV 5 realizado en este sector donde están presentes los depósitos conglomeraticos y areniscas podemos decir que son los que presentan la mejor estabilidad y baja deformabilidad. Los valores de resistividad de estos materiales fueron de 8.01 Ω-m a una profundidad de 2. 2 metros, esto nos indica que tienen menos susceptibilidad a deslizarse y presentan mejores características de cimentación que las arcillas y limos.

- **Interpretación SPT.**

Los depósitos conglomeraticos con intercalaciones de arenisca se encuentran a una profundidad de 5 metros siendo le basamento donde descansan las arcillas y limos que se encuentran hacia la superficie, presentan una densidad de 3.58 gr/ cm^3. Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra o de la matriz del conglomerado son 0.7/09 (forma/redondeamiento) y son mayormente gruesos (45 – 70%).

Pertenecen a materiales con un porcentaje medio de gruesos mayor a 45% en los dos últimos metros de profundidad y plasticidad media (40 – 41% de limite liquido L.L.) el límite plástico L.P., varía entre 23 a 24%. Su índice de plasticidad I.P. esta entre 16 a 18%, lo que permite que el material se clasifique como SC y CL (SUCS) Y A-2-6 (AASHTO), reconocidas como Arena arcillosa de baja plasticidad.

La resistencia a la compresión simple a los 5 m de profundidad, es de 3.58 Kg/cm^2, una humedad de 25.95 % y densidad de 1.85gr/cm^3. De acuerdo a los datos del SPT a partir de los 5m, la N30 es de 80 golpes lo que permite considerarlos como suelos compactados duros hasta rocas blandas.

- **Condiciones de Estabilidad**

El ángulo de talud recomendado para este material es de 60 grados siempre y cuando no este saturado de agua ya que este tipo de material es muy resistente en condiciones secas, pero esto puede decaer al momento que entra en contacto con el agua. Como excavabilidad los conglomerados y areniscas se pueden extraer por medios mecánicos convencionales (Palas/Excavadoras/Retroexcavadoras), se consideran permeables (valores de coeficiente de permeabilidad de $k < 10^{-4}$ m/seg[23]).

9.3. Resumen y valoración geológica-geotécnica

De la información obtenida e interpretada se concluye en el sector de estudio Menfis Central – Obrapía presenta dos tipos de rocas bien diferenciadas: basamento de conglomerados fuertemente cementados y estratos de arcillas, limolitas, arcillo-limolitas que descansan concordantemente sobre estos conglomerados.

Las arcillas constituyen el material rocoso más abundante que presenta un desencadenante de desestabilización, el agua. La proyección de urbanizaciones en forma no planificada y anti técnica que se realizan en la zona, siempre serán propensas a deslizamientos y fallas en la infraestructura.

Los conglomerados afloran en la parte central del sector de estudio, se caracterizan por ser compactos desde el punto de vista físico–mecánico, y presentan mejores condiciones para la construcción de obras civiles.

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

- Capacidad Portante

[23] Mg. Ing. Silvia Angelone, Ing. María Teresa Garibay (2006); Permeabilidad de los Suelos, GEOLOGÍA Y GEOTÉCNICA, pág., 16.

• Deformabilidad
• Excavabilidad
• Tipo de explanada
• Clasificación del material para su reutilización
• 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. Esto es así salvo en el apartado de reutilización donde existen cuatro categorías de suelos (marginal, tolerable, adecuado y seleccionado), utilizándose los valores de 0 a 3 con el mismo criterio anterior, y en el apartado de posibles problemas geotécnicos donde sólo se ha valorado si existen o no, con valores de 0 y 1 respectivamente. Por último se realiza una valoración global de todos ellos en tres categorías según el siguiente criterio:

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

Se describen en la tabla 30, tanto la valoración, como las características geotécnicas de las diferentes unidades descritas.

Tabla 30. *Valoración de las Unidades geotécnicas. Valencia Carolina. 2008*

	UNIDAD GEOTÉCNICA N° 1 ARCILLAS – LIMOS. FM. TRIGAL	**UNIDAD GEOTÉCNICA N° 2 CONGLOMERADOS – ARENISCAS. FM. BELÉN**
CAPACIDAD PORTANTE	1.0	2.0
DEFORMABILIDAD	0.0	1.0
EXCAVABILIDAD	1.0	1.0
TIPO DE EXPLANADA	1.0	1.0
REUTILIZACIÓN	1.0	1.0
DRENAJE	1.0	1.0
TOTAL DE LA VALORACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA	5.0	7.0
CLASIFICACIÓN	**DEFICIENTE**	**ACEPTABLE**

Nota: 0, menos favorable. 2, más favorable. Criterios del autor.

En el caso de las arcillas es comprensible en función de todos los valores, que sea catalogada como DEFICIENTE, requiriendo (para la construcción) cimentaciones superficiales bases de por lo menos 1.5x1.5m, previo medidas de drenaje. La cimentación debe corresponderse a la estructura con viviendas C-0 (menores a 4 pisos). En este caso obras mayores como puentes, desvíos de vías u otras se recomienda pilotaje.

La estabilización y control de suelos arcillosos se la puede realizar mediante cal, cemento o polímeros. Los drenajes deben establecerse en función de los niveles freáticos con geotextiles, gravas y/o tubos perforados.

Por otro lado en el caso de los depósitos conglomeraticos también es admisible que en función de los valores obtenidos se los clasifique como ACEPTABLE, ya que tienen una mayor resistividad, son fuertemente compactados y tiene un bajo

rango de deformabilidad. Son los que brindan mejores garantías para cualquier cimentación civil, en este caso no es considerable realizar ningún tipo de pilotaje, pero si es necesario realizar drenajes superficiales y profundos teniendo en cuenta el nivel freático, esto debido a que los conglomerados son muy estables en condiciones secas pero esa condición baja cuando están en contacto con el agua y tienden a saturarse por completo.

Al definirse parámetros de deslizamientos; se determinara la metodología de cálculo tal como se presenta a continuación:

9.4. Metodología de cálculo de taludes.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se propone la siguiente metodología de cálculo para lo que es el factor de seguridad de taludes y cálculo para una cimentación. En ambos casos los cálculos se los realizará para el material más DEFICIENTE, en este caso las arcillas y limos.

- **Ejemplo 1: CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD.**

En este caso vamos a determinar el factor de seguridad suponiendo que se tiene un deslizamiento de una masa homogénea de arcillas y limos que descansan sobre una base de conglomerados, el ángulo del terreno es de 15° y se hará el cálculo para tres escenarios, si la profundidad del deslizamiento estuviera a 0.5, 3 y 6 metros como se muestra en la figura 39 que sería la profundidad máxima. El resto de datos para el cálculo se los tiene a continuación:

Datos:

- **C´=** 9.0 KN/m^2
- **ɣ =** 12 KN/m^2
- **Ø =** 12°
- **ß =** 15°

<u>Relación: 6m</u>

md: 0.5m (0.083 = 0.083%)
md: 3m (0.5 = 50%)
md: 6m (1.0 = 100%)

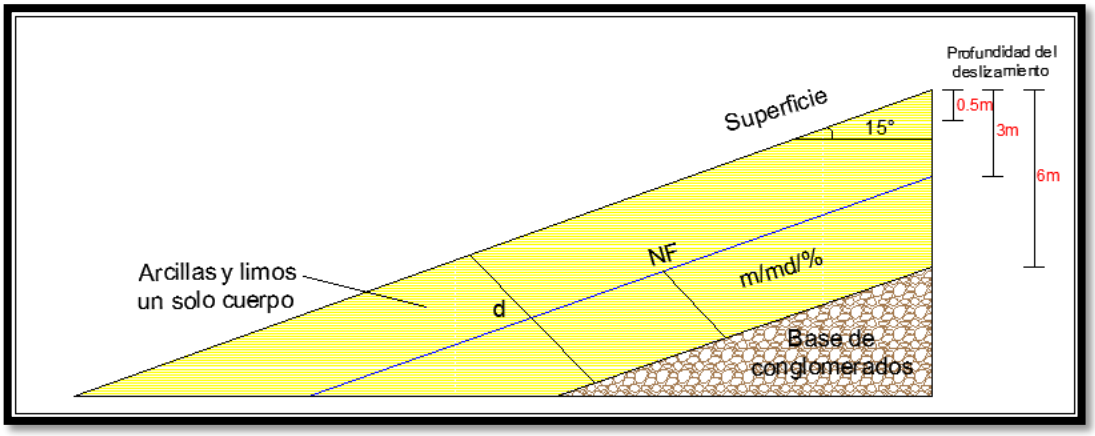


Figura 39. *Datos para el cálculo del factor de seguridad (Fs).*

Primero calcularemos para el escenario uno que sería a una profundidad de 0.5m.

$$\mathbf{Fs} = [\frac{\boldsymbol{c'}}{\gamma * \mathbf{d} * \mathbf{sen}\ ß}] + [\frac{\mathbf{tan}\ Ø}{\mathbf{tan}\ ß}] - [\frac{\mathbf{md} * \ \gamma\mathbf{w} * \mathbf{tan}\ Ø}{\gamma * \mathbf{tan}\ ß}]$$

$$\mathbf{Fs} = [\frac{9.0\frac{KN}{m2}}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 6\mathrm{m} * \mathrm{sen}\ 15°}] + [\frac{\tan 12°}{\tan 15°}] - [\frac{0.083 * 9.81\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 12°}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 15°}]$$

$$\mathbf{Fs} = [0.482] + [0.793] - [0.053]$$

$$\mathbf{Fs} = 1.22$$ **Si aplica.**

Para el siguiente escenario calcularemos el Fs con una profundidad de 3 metros.

$$\mathbf{Fs} = [\frac{9.0\frac{KN}{m2}}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 6\mathrm{m} * \mathrm{sen}\ 15°}] + [\frac{\tan 12°}{\tan 15°}] - [\frac{0.5 * 9.81\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 12°}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 15°}]$$

$$\mathbf{Fs} = [0.482] + [0.793] - [0.324]$$

$$\mathbf{Fs} = 0.91$$ **No aplica.**

Y como último escenario calcularemos el Fs a una profundidad tope de 6 metros.

$$\mathbf{Fs} = [\frac{9.0\frac{KN}{m2}}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * 6\mathrm{m} * \mathrm{sen}\ 15°}] + [\frac{\tan 12°}{\tan 15°}] - [\frac{1.0 * 9.81\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 12°}{12\frac{\mathrm{KN}}{\mathrm{m3}} * \tan 15°}]$$

$$\mathbf{Fs} = [0.482] + [0.793] - [0.648]$$

$$\mathbf{Fs} = 0.627 \quad \textbf{No aplica.}$$

- **Ejemplo 2: CALCULO PARA UNA CIMENTACIÓN.**

Determinar si el q´ admisible de un suelo que soporta un edificio de cuatro pisos, los diseños iniciales tienen los siguientes datos que se muestran en la figura 40:

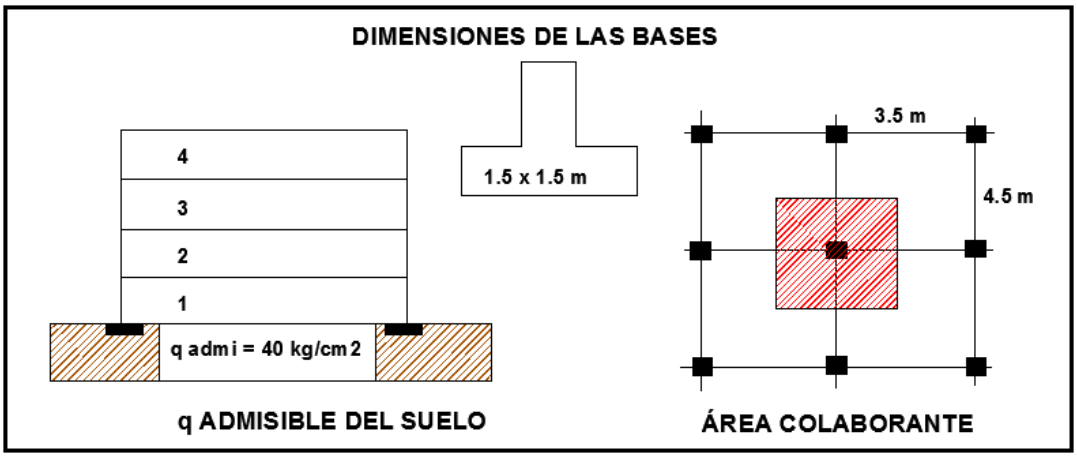


Figura 40. *Datos para el cálculo de cimentación.*

- Como primer paso calculamos el área colaborante.

Ac= a´x b´

Ac= 3.5 x 4.5

Ac= 15.75 m.

- Como Segundo paso calculamos la carga total (CT) que es la suma de la carga muerta (CM) más la carga viva (CV).

CT= CM + CV.

CT= 250 + 250

CT= 500 kg/m^2

- El tercer paso es calcular la carga del edificio.

Q= (CT x Ac)*4

Q= (500 kg/m^2 *15.75m)*4

Q= 31.5 Ton.

- Como cuarto paso hacemos la relación entre las carga del edificio y el q admisible del suelo.

q= Q/A

q= 31.5 ton/2.25m^2

q= 14 ton/m^2.

q < q´ admisible.

Esto nos quiere decir que la carga del edificio es menor que el q admisible del suelo, lo que significa que si soporta la edificación.

- Por otra parte suponiendo que el ***q´*** admisible del suelo hubiera sido menor que la carga, se debería cambiar las medidas de la acimentación (A) y para eso se debe utilizar la siguiente formula.

A= Q/q´ admisible.

A= 31.5 ton/12 ton/m^2

A= 2.62 m^2

A= √2.62m^2

A= 1.7 m.

Esto significa que las cimentaciones deberían de ser de 1.7 * 1.7 metros como mínimo para que soporte una carga de 31.5 ton.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El sector Menfis Central – Obrapía se encuentra ubicado al sur – oeste de la hoya de Loja, está descansando sobre las Formación geológicas Trigal y Belén, mismas que se encuentran dentro de una cuenca sedimentaria de origen lacustre y marino perteneciente a la época Micénica, donde existen dos tipos de rocas bien diferenciados que son las de origen sedimentario y las de origen metamórfico.

Para el estudio de susceptibilidad a deslizamientos en este sector se escogió las variables más importantes al momento de realizar el análisis como: la geología, la geomorfología, pendiente, cobertura vegetal y como variable adicional las áreas de influencia de la red hidrográfica de la zona.

En lo que concierne a la topografía, esta es más pronunciada al oeste de la vía de Integración Barrial con alturas que llegan hasta los 2330 m. s. n. m. y desciende notablemente al este del sector presentando un relieve suave casi horizontal donde existen las áreas que presentan mejores condiciones para los asentamientos urbanos.

La mayor parte del sector Menfis Centra –Obrapía consta de una litología de arcillas y limos pertenecientes a la Formación Trigal del Mioceno medio, son arcillas que tienen un alto grado de deformabilidad y que se vuelven un factor condicionante para la ocurrencia de deslizamientos, mientras que una cantidad menor del área del sector consta de areniscas gruesas y depósitos Conglomeraticos que son parte de la Formación Belén del Mioceno Inferior, estos conglomerados afloran en la parte central del área de estudio y presentan gran consistencia y bajo grado de deformación, por lo cual este tipo de litología tiene mejores características para soportar cualquier obra civil.

Según su pendiente, litología y el reconocimiento del sector, permitió reconocer la geomorfología, determinado un total de 13 geoformas, que en su mayoría son laderas cóncavas y convexas, este es un factor que influye mucho en la

susceptibilidad a deslizamientos y más aún en las geoformas que tienen una pendiente pronunciada y constan de una litología saturada de agua, los escarpes aunque en menor cantidad también influyen a la susceptibilidad de los deslizamientos debido a que están expuestos constantemente a la meteorización y por lo general están ubicados en los márgenes de la vía.

La pendiente es una variable fundamental al momento del análisis y todas las demás variables utilizadas están sujetas a esta al momento que se les asigna un peso, el sector en su mayoría consta de pendiente baja que va entre 5° a 15° de inclinación, la pendiente muy alta que es > a 55° es casi nula en el sector, estando presente solo en los taludes de la vía que se han hecho de manera antrópica.

Los cuatro deslizamientos presentes en el sector se dividen en dos traslacionales y dos rotacionales poco profundos, están ubicados en la parte oeste de la vía, como se mencionó anteriormente es la parte más inestable, los dos deslizamientos traslacionales que son los más prominentes en área y volumen están en estado pasivo mientras que los dos rotacionales y de dimensiones menores están en estado activo, afectan a los cultivos de los pobladores y cohíben del uso del suelo donde se presentan.

La cobertura vegetal mayoritariamente es de cultivos y pastizales, y las áreas que presentan infraestructura son reducidas, esto debido a que la zona está en un estado de desarrollo urbano.

El nivel freático se lo ha identificado a una profundidad de 7.3 metros esto por medio de los sondeos eléctrico verticales realizados, los cuales en las 6 líneas realizadas no arrojaron ningún valor de resistividad superior a los 10 Ωm, con cada resistividad obtenida de los materiales se confirmó la geología levantada por medio de tablas de resistividad.
Con cada una de las variables anteriores cuidadosamente analizadas y correlacionaras entres si, se tiene el mapa de susceptibilidad a deslizamientos del

sector Menfis Central – Obrapía, y por medio de este podemos conocer las condiciones reales del sector mismo.

Se determinó que el 48, 40% del total del área de estudio está dentro de la clase de susceptibilidad muy baja, y que está distribuida mayormente en la parte central del sector de estudio, coincidiendo con la litología más consistente que son los conglomerados que también afloran en el centro del sector. La clase de susceptibilidad baja representa el 16,65% del área de estudio, se encuentra mayormente en la parte norte del área intervenida donde está ubicado el barrio Obrapía.

La clase de susceptibilidad que se encuentra distribuida por todo el sector es la de susceptibilidad media con un 12.65% del área de estudio, esto se debe a que está presente donde existen las arcillas y limos que son el material que está presente en casi todo el sector.

La clase de susceptibilidad alta tiene el 6.92% del sector de estudio, y abarca justo los sitios donde existen escarpes, toda su extensión está asentada en una litología de arcillas y limos que son los materiales más propensos a deslizarse.

La clase que tiene la susceptibilidad muy alta es la que se encuentra en una proporción de 15.32% del área de estudio, que en su mayoría está distribuida en la parte sur del sector, abarcando causes de las quebradas, deslizamientos y escarpes de los taludes de la vía, esta clase se encuentra justamente en los sitios que presentan arcillas totalmente saturadas, coincidiendo tanto en el resultado que se obtuvo del estudio como de la realidad de sector.

El 22,24% del área de estudio está inmerso en un grado de susceptibilidad alta y muy alta, actualmente dentro del área representada por esta dos categorías se encuentra ocupada por deslizamientos, escarpes de talud de vía, cause de quebrada y su litología en su totalidad es de arcillas y limos, los cuales se encuentran saturadas de agua y tienen una pendiente alta a muy alta lo que la

hace un área muy susceptible a los deslizamientos. Mientras que los barrios y caseríos se encuentran dentro del área con susceptibilidad muy baja y baja, lo que no ocasiona ningún problema ni perdida por presencia de deslizamientos.

El estudio geológico – geotécnico por medio del ensayo de penetración estándar (SPT) nos dio a conocer la capacidad portante de los materiales del sector, estos se establecieron en 40 ton/m^2 hasta los cuatro metros siendo la potencia que tendrían las arcillas, mientras que de los 5 metros en adelante este q admisible aumenta notablemente a 110 ton/m^2 siendo la capacidad portante de los conglomerados que se encuentran como base donde descansan las arcillas. Con estos datos la metodología de cálculo propuesta para factor de seguridad y cimentaciones, es la que se debería seguir al momento de realizar dichos cálculos.

11. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico se llevó a cabo de manera detallada a una escala 1: 4000, levantando un total de 86.44 ha donde las cotas más bajas están en la parte Este de la vía de Integración Barrial siendo de 2215 m. s. n. m, mientras que las más altas están en la parte Oeste de la vía con alturas hasta de 2230 m. s. n. m.

- El levantamiento geológico nos permitió definir que el 82.61% del sector de estudio está asentado sobre la Formación Trigal (M_T) y que por su litología se ha dividido en arcillas y limos, mientras que el 14.31% del sector de estudio está emplazado en la Formación Belén y que por su litología consta solo de areniscas gruesas y depósitos conglomeraticos, también existe depósitos aluviales y material de relleno en un 3.06%.

- Se realizaron seis sondeos eléctricos verticales, tres a cada extremo de la vía, los cuales permitieron conocer que la presencia del agua en el sector de estudio está a una profundidad promedio de 7.3 metros, además de permitirnos por medio de la lecturas de resistividad de los materiales corroboremos la geología levantada.

- En cuanto a geomorfología el sector intervenido presenta un total de 13 geoformas, algunas con relieves muy accidentados y suelos saturados, en las que se encuentran los deslizamientos en mayor proporción, la geoforma con mayor presencia es la de laderas cóncavas a rectas ocupando el 22.31% del área del sector, mientras que la de menor presencia es la de escarpes con tan solo 0.82%.

- En el sector existen 8 coberturas vegetales, mayormente cultivos de pastos con el 54.05% del área intervenida, mientras que la infraestructura solamente presenta el 11.77%.

- En cuanto a la pendiente solamente el 0.17% del área del sector de estudio está dentro de la categoría de pendiente muy alta, el 1.05% es de pendiente alta, 20.22% media, 21.82% de pendiente muy baja, mientras que la que más área abarca es la pendiente baja con el 56.73%.

- Se inventariaron 4 deslizamientos en el área de estudio de los cuales dos son traslacionales y dos rotacionales, afectan un total de 7.41 ha y el volumen de suelo deslizado es de 186,530.72 m^3, afectando a zonas de cultivos y parte de la vía de Integración Barrial.

- Para el análisis de susceptibilidad se utilizó las variables de geología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal y área de influencia de la red hídrica, esto con la ayuda del software ArcGis 10.1.

- Por medio del mapa de susceptibilidad generado, se determinó que el 48.40% del total del área del sector de estudio presenta una muy baja susceptibilidad a deslizamientos, el 16.65% una baja susceptibilidad, seguido de un 12.65% medianamente susceptible, el 6.92% tiene alta susceptibilidad, mientras que el área que presenta muy alta susceptibilidad consta de 15.32%, está ubicada en la parte sur del sector intervenido.

- Se determinó dos unidades geotécnicas, la primera de arcillas y limos con un q´ admisible de 40 ton/m^2, perteneciente al Mioceno Medio y a una profundidad de 4 metros, la segunda unidad geotécnica es de areniscas gruesas y depósitos Conglomeraticos, con un q´ admisible de 110 ton/m^2, del Mioceno Inferior y a partir de los 5 metros de profundidad, siendo la base donde descansan las arcillas.

- Dentro del grado de susceptibilidad alta y muy alta se encuentran 10 viviendas con un total de 50 habitantes, esto indicando que en cada vivienda hay 5 personas.

- Se propuso una metodología a seguir tanto para calcular el factor de seguridad (Fs) de un talud como para calcular las dimensiones de una cimentación.

12. RECOMENDACIONES

- Realizar la inspección de campo en su totalidad para poder tener una idea clara de todos los aspectos que involucra este estudio.

- El levantamiento de información topográfica, geológica y geomorfológica se la debe hacer de manera cuidadosa y muy técnica, ya que son las bases sobre las cuales se desarrolla todo el proceso de análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

- Realizar siempre el inventario de deslizamientos antes del análisis de la susceptibilidad, esto con el fin de tener una idea anticipada de los sectores que podrían tener un mayor grado de afectación.

- Los sondeos eléctricos verticales SEV, de preferencia realizarlos en lugares planos y que sean suelos firmes.

- Realizar campañas de concientización a los pobladores del lugar sobre el riesgo que corren al momento de construir de manera anti técnica, y de esta manera evitar cualquier pérdida de vidas y daños a las infraestructuras construidas.

- Se debe tener en cuenta los resultados obtenidos por este proyecto de tesis para la toma de decisiones por las autoridades pertinentes al momento de dar o denegar permisos para la construcción de infraestructuras en las zonas que se hayan categorizado como de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos.

- Realizar a mayor profundidad estudios geológicos geotécnicos, en los que se implemente más de un SPT, esto con la finalidad de conocer la capacidad portante del suelo al momento de construir cualquier obra civil, o a su vez proponer las medidas necesarias para la estabilización y mejoramiento del suelo.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Janssen y Van Herwijnen (1994). PESOS DE CRITERIOS USANDO EL MÉTODO DE SUMA DE RANGO.

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

- BOSQUE SENDRA, Joaquín. Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Rialp, 1992.BUZAI, Gustavo D. Geografía Global. Buenos Aires: Lugar Editorial, 1999.

- CEBRIÁN DE MIGUEL, Juan Antonio. Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica. Santander: Servicio de Publicaciones, Universidad de Cantabria, 1992.

- Tarbuck, E.; Lutgens F (1998).Una introducción a la geología física. Madrid, España. PRENTICE HALL. 6ta ed. 616 p.

- Jiménez, F. 2002. Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 288 p.

- Aguilo, A. M. et al. 1984. Guía para la elaboración de estudios del medio físico; contenido y metodología. Madrid, España. 809 p.

- DIRECION NACIONAL DE GEOLOGÍA (2007) “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas”. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geología Multinacional N°4. Países de la Región Andina.

- Alfonso, H. (2005) “La mitigación de los peligros y riesgos provocados por fenómenos naturales en Cuba y la planificación del desarrollo”. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. X. Universidad de Barcelona, España.

- Bosque S. (1992) Sistemas de información geográfica. Ediciones Rialp, Madrid. España. 326 pp.

- Cruden, D.and Varnes, D. (1996) “Landslide types and processes”. In: Turner, K., y Schuster, R. ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, USA.National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247. pag 40-48.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). Información meteorológica. Anuarios.

- UNDRO (1979) "Natural Disasters and Vulnerability Analysis". Report of Experts Group Meeting. Geneva, Switzerland.

- Corominas J. (1987). “Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera”. Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental IGME, Madrid. España pp 193-201.

- Cueva, E. y González, H. (2003). Caracterización y evaluación de las arcillas en el sector oriental de la cuenca de Loja. Director Ing. José Sánchez Paladines. Tesis de Grado. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. 147 pag.

- Gonzáles, A. Sisalima; “ANALIS DE PELIGRO A DESLIZAMIENTOS. ESTUDIO DE CASO: SUR DE LA CIUDAD DE LOJA, PROVINCUA DE LOJA - ECUADOR”; Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, 2011, La Habana – Cuba.

- Suarez Jaime. (2009). Deslizamientos Análisis Geotécnico Cap. 13. Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo.

- De Vallejo, González (2002). Tipos de, movimientos de ladera.

- Alonso Díaz Luis. (2001). Estudio de prospección geofísica y geotécnica para el emplazamiento del embalse de san esteban de Andagoya. Álava. 29,30 pág.

- CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.

- Guamán. Jaramillo, Galo (2012), Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja. (Tesis de Grado, Maestría en Sistemas de Información Geográfica) Universidad San Francisco de Quito.

- Geo Loja (2007), Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, pág., 37.

- L. Alberto. Díaz, (2001), ESTUDIO DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA Y GEOTÉCNICA PARA EL EMPLAZAMIENTO DEL EMBALSE DE SAN ESTEBAN DE ANDAGOYA (ÁLAVA), pág. 39.

- R. Vargas, 2002, Evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos municipio de Balboa Departamento de Risaralda, pág., 23.

- HUNGERBUHLER Dominik, 1997, Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and tectonic implications, Swiss federal Institute of Zurich.
- Kennerley, J.B. 1973. Geology of Loja Province Southern Ecuador. Institute of Geological Sciences. Overseas Geology and Mineral Resources, Photogeological Unit, No. 23, 34 pp.GGS, Nottingham.

- Mg. Ing. Silvia Angelone, Ing. María Teresa Garibay (2006); Permeabilidad de los Suelos, GEOLOGÍA Y GEOTÉCNICA, pág., 16.

ANEXOS

Anexo 1

Descripción de afloramientos en el Sector Menfis Central hasta el Barrio Obrapía.

Anexo 1.1. Caracterización del afloramiento 1.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 01
COORDENADAS: 696382 - 9556128
DIMENSIONES:
COTA: 2276
RELIEVE: LLANO **x** BAJO_ DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2940 - 2942
FECHA: 29-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X				Negro			Poca Vegetacion - Herbacea
2	Material no consolidado Arcillolitamas Agua	X				Café claro	R=174 B= w20		Contenido importante de agua no consolidada
3	Material consolidado Arena-limos Areniscas			X	X	Café obscuro			Bajo contenido de agua consolidado

Anexo 1.2. Caracterización del afloramiento 2.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 02
COORDENADAS: 616386 - 9556356
DIMENSIONES: 2.5 X 45
COTA: 2273
RELIEVE: LLANO _ BAJO **X** DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2943 - 2944
FECHA: 29-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo		X			Negro			Suelo suelto de coloracion negra
2	Material medianamente consolidado limo arcilla	X	X			Café Obscuro			Con humedad considerable, desprendimientos a la via

Anexo 1.3. Caracterización del afloramiento 3.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 03
COORDENADAS: 696504 - 9556500
DIMENSIONES:
COTA: 2271
RELIEVE: LLANO _ BAJO_ DE COLINAS X MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2945 - 2947
FECHA: 29-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo organico	X	X			Café obscuro			Suelo sin consolidar
2	Arena y deposito conglomeratico			X	X	Café claro a Gris claro			Estrato consolidado con cantos de diametro 1-3cm
3	Arena y deposito conglomeratico			X	X	Café claro			Estrato muy consolidado con cantos de diametro 6mm - 1,5cm

Anexo 1.4. Caracterización del afloramiento 4.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 04
COORDENADAS: 696521 - 9556572
DIMENSIONES: 7 x 13m
COTA: 2268
RELIEVE: LLANO **x** BAJO_ DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2940 - 2942
FECHA: 29-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X	X			Negro			suelo de coloracion negra
2	limo arcilla arcillolita	X	X			Café obscuro	R=174 B= w20		estrato vertical con presencia de agua
3	arena y depositos conglomeraticos con matriz limosa			X	X	Café claro			estrato consolidado vertical

Anexo 1.5. Caracterización del afloramiento 5.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 05
COORDENADAS: 696536 - 9556644
DIMENSIONES: 10,5
COTA: 2264
RELIEVE: LLANO **x** BAJO_ DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2950 - 2951
FECHA: 29-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo		X			Café obscuro			Suelo Organico poca cobertura vegetal
2	Arena y deposito conglomeratico			X	X	Café claro			estrato consolidado con intercalaciones de limo arcillosa, existen desprendimientos en la via. Contiene cantos de 5mm - 43cm

Anexo 1.6. Caracterización del afloramiento 6.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 06
COORDENADAS: 696563 - 9556648
DIMENSIONES: 2,60 x 64
COTA: 2261
RELIEVE: LLANO _ BAJO **X** DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2955 - 2957
FECHA: 30-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X	X			Café obscuro			Suelo organico con poca vegetacion
2	Arena deposito conglomeratico			X	X	Gris Claro			con depositos de arena medianamente consolidado y con cantos de diametro 5mm - 4cm
3	Sedimento consolidado limo - arcilla	X	X			Café obscuro			sedimento con presencia de agua, muy disgregados

Anexo 1.7. Caracterización del afloramiento 7.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 07
COORDENADAS: 696561 - 9556776
DIMENSIONES: 2,30 x 9,60
COTA: 2260
RELIEVE: LLANO _ BAJO **X** DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **x** COLOR_
FOTO Nro: 2958 - 2960
FECHA: 39-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X				Gris obscuro			Suelo organico con agua y vegetacion hervacea
2	Arcilla limosa	X	X			Gris claro			con coloraciones de oxidacion por presencia de agua

Anexo 1.8. Caracterización del afloramiento 8.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 08
COORDENADAS: 696575 - 9556836
DIMENSIONES: 12,7 X 80M
COTA: 2261
RELIEVE: LLANO_ BAJO_ DE COLINAS **X** MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA_ COLOR **X**
FOTO Nro: 2961- 2962
FECHA: 30-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X				Café obscuro			Suelo organico, presentan vegetacion Arborea
2	Arcilla limosa	X	X			Café claro			Estrato de coloracion clara
3	Arcilla limosa	X	X			Café obscuro			

Anexo 1.9. Caracterización del afloramiento 9.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 09
COORDENADAS: 696592 - 9556832
DIMENSIONES: 6 x 90m
COTA: 2258
RELIEVE: LLANO_ BAJO **X** DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA **X** COLOR_
FOTO Nro: 2963 - 2966
FECHA: 30-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X				Café obscuro			Suelo organico
2	Arcilla limosa	X	X			Café claro			medianamente consolidado
3	arcilla limosa	X	X			Café obscuro			bastante consolidado

Anexo 1.10. Caracterización del afloramiento 10.

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: CARACTERIZACION GEOLOGICA - ESTRUCTURAL DE LA FORMACION SAN CAYETANO DE LA HOYA DE LOJA

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO

AFLORAMIENTO Nro: 10
COORDENADAS: 696533 - 9557180
DIMENSIONES: 5,30 x 100m
COTA: 2243
RELIEVE: LLANO_ BAJO **X** DE COLINAS_ MONTAÑOSO_
VEGETACION: EXUBERANTE_ ESCASA_ COLOR_
FOTO Nro: 2974 - 2276
FECHA: 31-03-2014

PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Nro DE ESTRATOS	LITOLOGÍA	GRANULOMETRIA				COLOR	ORIENTACIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
		Ar	Lm	Arn	Gv				
1	Suelo	X				Café obscuro			suelo organico no consolidado
2	Arcilla limosa	X	X			Café obscuro			material medianamente consolidado

Fuente: Elaborado por el autor.

ANEXO 2

“Tabla modificada de CLIRSEN del proyecto Generación de Geoinformación para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000”

Anexo 2.1. Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto Generación de Geoinformación para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000

UNIDAD AMBIENTAL	Unidad Genética	Unidad Morfológica	Pendiente	Pend %	Formación Geologica	Litología
CIMAS FRIAS DE LAS CORDILLERAS-FORMAS HEREDADAS PALEOGLACIARES	Modelado Glaciar	Abruptos-grado de disección media	Fuerte	40 a 70%	Unidad Tres Lagunas	Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
		Aristas y picos-grado de disección fuerte	Muy fuerte	70 a 100%		Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
		Circos y valles glaciares-grado de disección fuerte	Muy fuerte	70 a 100%	Batolito de Portachuela	Granito, Granodiorita, Cuarzodiorita
					Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras
					Unidad Sabanilla	Migmatitas
					Unidad Tres Lagunas	Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
		Valles glaciares	Media a fuerte	25 a 40%	Batolito de Portachuela	Granito, Granodiorita, Cuarzodiorita
			Media	12 a 25%	Unidad Tres Lagunas	Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
	Tectónico-erosivo	Relieves montañosos-grado de disección fuerte	Muy fuerte	70 a 100%	Batolito de Portachuela	Granito, Granodiorita, Cuarzodiorita

VERTIENTES ANDINAS DE LA CORDILLERA REAL DE LOS ANDES	Estructural	Cornisa de mesa-grado de disección fuerte	Muy fuerte	70 a 100%	Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras
		Superficie disectada de mesa	Media a fuerte	25 a 40%		
	Tectónico-erosivo	Relieve colinado alto-diseccion baja	Media a fuerte	25 a 40%		
		Relieve colinado medio-disección muy suave	Media	12 a 25%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
			Media	12 a 25%	Unidad Misahualli	Basaltos, tobas y brechas tobáceas violetas a rosadas, lutitas rojas, areniscas y conglomerados
		Relieve colinado medio-disección suave	Media a fuerte	25 a 40%		
		Relieve colinado medio-grado de disección fuerte	Muy fuerte	70 a 100%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
		Relieve colinado medio-grado de disección moderada	Fuerte	40 a 70%		
		Relieve colinado medio-grado de disección suave	Media a fuerte	25 a 40%		
		Relieve montañoso-diseccion muy fuerte	Escarpada	>100%		
			Escarpada	>100%	Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras
			Escarpada	>100%	Unidad Sabanilla	Migmatitas
			Media	12 a 25%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
		Relieve montañoso-disección moderada	Fuerte	40 a 70%	Unidad Misahualli	Basaltos, tobas y brechas tobáceas violetas a rosadas, lutitas rojas, areniscas y conglomerados
			Fuerte	40 a 70%	Unidad Tres Lagunas	Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
		Relieves montañosos-grado de disección fuerte	Escarpada	>100%	Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras
			Muy fuerte	70 a 100%	Batolito de Portachuela	Granito, Granodiorita, Cuarzodiorita
			Muy fuerte	70 a 100%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
			Muy fuerte	70 a 100%	Plutón San Lucas	Granodiorita
			Muy fuerte	70 a 100%	Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras
			Muy fuerte	70 a 100%	Unidad Isimanchi	Filitas de bajo grado y mármoles
			Muy fuerte	70 a 100%	Unidad Sabanilla	Migmatitas
			Muy fuerte	70 a 100%	Unidad Tres Lagunas	Monzogranitos, granodioritas, esquistos cuarzo feldespáticos
		Relieves montañosos-grado de disección moderada	Fuerte	40 a 70%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
			Fuerte	40 a 70%	Unidad Misahualli	Basaltos, tobas y brechas tobáceas violetas a rosadas, lutitas rojas, areniscas y conglomerados
		Relieves montañosos-grado de disección suave	Media a fuerte	25 a 40%	Unidad Chiguinda	Cuarcitas, filitas, esquistos grafiticos, pizarras

RELIEVES SUBANDINOS-DEPRESION DE ZUMBA	Tectónico-erosivo	Relieve colinado alto-grado de disección moderada	Fuerte	40 a 70%	Formacion Sedimentaria	Conglomerados, areniscas
			Suave	5 a 12%		
		Relieves montañosos-grado de disección moderada	Fuerte	40 a 70%	Batolito de Zamora	Tonalita, granodiorita, diorita
			Fuerte	40 a 70%	Formacion Sedimentaria	Areniscas, limoarcillitas, bentonitas, diatomeas, areniscas calcareas, brechas
FORMAS DE FONDOS DE CUENCAS	Denudativo	Coluvio aluvial antiguo	Plana a muy suave	0 a 5%	Depositos Cuaternarios	Depósito coluvio aluvial
		Coluvion antiguo	Media a fuerte	25 a 40%		Depósito coluvial, constituidos por materiales arcillosos, limosos con clastos y bloques mÚtricos de areniscas silíceas
			Media	12 a 25%		
		Encañonamiento	Muy fuerte	70 a 100%	Formación Hollín	Areniscas, cuarcitas
	Deposicional	Glacis de acumulacion-disección muy suave	Media	12 a 25%	Depositos Cuaternarios	Arcillas, clastos rocosos
			Plana a muy suave	0 a 5%		
MEDIO ALUVIAL	Deposicional	Terrazas aluviales indiferenciadas	Plana a muy suave	0 a 5%		Depósitos aluviales

	UNIDAD MORFOLOGICA	cod	UNIDAD GENETICA	cod	FORMA DE RELIEVE	COD	No.
DEPOSICIONAL	VALLE	Va	DEPOSICIONAL	Va	Valle fluvial	Va	1
		Vi	DEPOSICIONAL	Vi	Valle indiferenciado	Vi	2
		Vv	DEPOSICIONAL	Vv	Valle en V	Vv	3
	TERRAZA ALUVIAL	Tb	DEPOSICIONAL	Tb	Terraza baja y cauce actual	Tb	4
		Tm	DEPOSICIONAL	Tm	Terraza media	Tm	5
		Ta	DEPOSICIONAL	Ta	Terraza alta	Ta	6
		Ti	DEPOSICIONAL	Ti	Terrazas indiferenciadas	Ti	7
	CONO	Cy	DEPOSICIONAL	Cy	Superficie de cono de deyeccion reciente	Cy	8
		Cds	DEPOSICIONAL	Cds	Superficie de cono de deyeccion antiguo	Cds	9
		Cda	DEPOSICIONAL	Cda	Abrupto de cono de deyeccion antiguo	Cda	10
		Tcy	DEPOSICIONAL	Tcy	Testigo de cono de deyeccion	Tcy	11
		Ces	DEPOSICIONAL	Ces	Superficie de cono de esparcimiento	Ces	12
		Cdr	DEPOSICIONAL	Cdr	Cono de derrubios	Cdr	13
		Tdr	DEPOSICIONAL	Tdr	Talud de derrubios	Tdr	14
	LLANURA ALUVIAL RECIENTE	Nb	DEPOSICIONAL	Nb	Nivel plano	Nb	15
		Na	DEPOSICIONAL	Na	Nivel ondulado con presencia de agua	Na	16
		No	DEPOSICIONAL	No	Nivel ligeramente ondulado	No	17
		D	DEPOSICIONAL	D	Dique o banco aluvial	D	18
		Ca	DEPOSICIONAL	Ca	Cauce abandonado	Ca	19
		B	DEPOSICIONAL	B	Basin	B	20
		M	DEPOSICIONAL	M	Meandro abandonado	M	21
		Nb/Na	DEPOSICIONAL	Nb/Na	Nivel plano/Nivel ondulado con presencia de agua	Nb/Na	22
		Na/Nb	DEPOSICIONAL	Na/Nb	Nivel ondulado con presencia de agua/Nivel plano	Na/Nb	23
	LLANURA ALUVIAL ANTIGUA	L1	DEPOSICIONAL	L1	Superficie poco disectada	L1	24
		L2	DEPOSICIONAL	L2	Superficie disectada	L2	25
		L3	DEPOSICIONAL	L3	Superficie muy disectada	L3	26
		Alla	DEPOSICIONAL	Alla	Abrupto de llanura antigua	Ala	72
		Dc	DEPOSICIONAL	Dc	Depresion de decantacion	Dc	27

DENUDATIVO	COLUVION	Cr	DENUDATIVO	Cr	Coluvion reciente	Cr	28
		Can	DENUDATIVO	Can	Coluvion antiguo	Can	29
	COLUVIO ALUVIAL	Cv	DENUDATIVO	Cv	Coluvio aluvial reciente	Cv	30
		Co	DENUDATIVO	Co	Coluvio aluvial antiguo	Co	31
	GARGANTA	Gr	DENUDATIVO	Gr	Garganta	Gr	32
		Grp	DENUDATIVO	Grp	Garganta con presencia de valles indiferenciados	Grp	33
		Grt	DENUDATIVO	Grt	Garganta con presencia de terrazas	Grt	34
	ENCAÑONAMIENTO	Ec	DENUDATIVO	Ec	Encañonamiento	Ec	35
ESTRUCTURAL	MESA	S1	ESTRUCTURAL	S1	Superficie de mesa	S1	36
		S2	ESTRUCTURAL	S2	Superficie disectada de mesa	S2	37
		S3	ESTRUCTURAL	S3	Cornisa de mesa	S3	38
		S4	ESTRUCTURAL	S4	Vertiente de mesa	S4	39
		S5	ESTRUCTURAL	S5	Testigo de cornisa de mesa	S5	40
		S6	ESTRUCTURAL	S6	Encañonamiento de mesa	S6	41
	CUESTA	C1	ESTRUCTURAL	C1	Superficie de cuesta	C1	42
		C2	ESTRUCTURAL	C2	Frente de cuesta	C2	43
		C4	ESTRUCTURAL	C4	Testigos de cuesta	C4	
		C5	ESTRUCTURAL	C5	Superficie disectada de cuesta	C	
		C3	ESTRUCTURAL	C3	Vertiente de cuesta	C3	44
	CHEVRONES	K1	ESTRUCTURAL	K1	Superficie de chevron	K1	45
		K3	ESTRUCTURAL	K3	Vertientes inferiores de chevron	K3	
		K2	ESTRUCTURAL	K2	Frente de chevron	K2	46

TECTONICO EROSIVO	RELIEVE	R1	TECTONICO EROSIVO	R1	Relieve ondulado	R1	47
		R2	TECTONICO EROSIVO	R2	Relieve colinado muy bajo	R2	48
		R3	TECTONICO EROSIVO	R3	Relieve colinado bajo	R3	49
		R4	TECTONICO EROSIVO	R4	Relieve colinado medio	R4	50
		R5	TECTONICO EROSIVO	R5	Relieve colinado alto	R5	51
		R6	TECTONICO EROSIVO	R6	Relieve colinado muy alto	R6	52
		R7	TECTONICO EROSIVO	R7	Relieve montañoso	R7	53
		Ct	TECTONICO EROSIVO	Ct	Cerro testigo	Ct	54
		Ef	TECTONICO EROSIVO	Ef	Escarpe de falla	Ef	55
		Par	TECTONICO EROSIVO	Par	Picos y afloramientos rocosos	Par	56
VOLCANICO EROSIVO	EDIFICIO VOLCANICO	Kt	VOLCANICO EROSIVO	Kt	Crater	Kt	57
		Fvo	VOLCANICO EROSIVO	Fvo	Flancos de edificio volcanico	Fvo	58
		Kd	VOLCANICO EROSIVO	Kd	Caldera	Kd	59
		Flv	VOLCANICO EROSIVO	Flv	Flujos de lava	Flv	60
		Flp	VOLCANICO EROSIVO	Flp	Flujos de piroclastos	Flp	60
		Fld	VOLCANICO EROSIVO	Fld	Flujos de lodo	Fld	61
MODELADO GLACIAR	VALLE GLACIAR	Fvg	MODELADO GLACIAR	Fvg	Fondo de valle glaciar	Fvg	62
		Vvg	MODELADO GLACIAR	Vvg	Vertiente de valle glaciar	Vvg	63
		Art	MODELADO GLACIAR	Art	Arista	Art	64
		Rab	MODELADO GLACIAR	Rab	Rocas aborregadas	Rab	65
		Dro	MODELADO GLACIAR	Dro	Drumlins rocosos	Dro	66
	CIRCO GLACIAR	Fcg	MODELADO GLACIAR	Fcg	Fondo de circo glaciar	Fcg	67
		Pcg	MODELADO GLACIAR	Pcg	Pared de circo glaciar	Pcg	68
		Mfo	MODELADO GLACIAR	Mfo	Morrena de fondo	Mfo	69
		Mla	MODELADO GLACIAR	Mla	Morrena lateral	Mla	70
		Mfr	MODELADO GLACIAR	Mfr	Morrena de frente	Mfr	71

Fuente: CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.

Anexo 2.2. Variable de pendiente para determinar geomorfología según CLIRSEN.

Tipo	Cod	
Plana 0 a 2 %	1	**sin disección**
Muy suave 2 a 5 %	2	
Suave 5 a 12 %	3	**disección leve**
Media 12 a 25 %	4	**disección muy suave**
Media a fuerte 25 a 40 %	5	**disección suave**
Fuerte 40 a 70 %	6	**disección media**
Muy fuerte 70 a 100 %	7	**disección fuerte**
Escarpada > a 100 %	8	**disección muy fuerte**
No aplicable	NA	

Fuente: CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.

ANEXO 3

Mapa topográfico del sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 4

Mapa geológico del sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 5

Corte geológico A-B.

ANEXO 6

Mapa geomorfológico del sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 7

Mapa de pendientes del sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 8

Mapa de cobertura vegetal del sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 9

Inventario de Deslizamientos.

ANEXO 10

Caracterización de los Deslizamientos en el sector Menfis Central - Obrapía.

Anexo 10.1. Caracterización del deslizamientos 1.

CARACTERIZACION DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro.	1
COORDENADAS	696420 - 9556988
FOTO Nro.	
ALTITUD:	2255 msnm
FECHA	09/04/2014

ALTURA:		
DIRECCION:	S 58°E	
ANGULO (inclinacion de la ladera en grados):		25°
FORMA DE LA LADERA: Recta ( ) Concava (×) Convexa ( )		
USO DEL TERRENO : Arbustos y arboles ( ) No vegetadas ( ) Pastos (×) Cultivos (×) Residencial ( ) Via presente (×)		

CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (×) Flujo () Caidas () Reptacion () Erosion ()

LONGITUD : (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 24.8

ANCHO : (Promedio de la zona de aporte): 238.32

TIPO DE FALLA : Indeterminada () Rotacional (×() Translacional () Completa () Multiple ()

MECANISMO : Evento sencillo y rapido () Evento sencillo y lento ((×) Evento multiple y rapido () Evento multiple y lento ()

SECUENCIA DE REPETICION:

ACTIVIDAD : Inactivo () Latente ((×) Activo() Actividad localizada()

ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente ((×) Escarpe Vago ()

FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular ((×) Elongado ()

AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m^2) () Mediana (200 - 500m^2) () Grande (>500m^2) ()

VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetacion escasa () Arbustos ()

FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho ()

ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA : Masa intacta (×() Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No presente ()

HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas humedas () Zonas de alta humedad ((×) Zonas inundadas ()

VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA : No aplicable () No vegetada () Vegetacion escasa () Arbustos ((×) Arboles ()

SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta organica ((×) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno ()

CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosion concentrada () Deforestacion ((×) Exceso de agua ((×) Cargas de construccion() Discontinuidades

FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias ((×) Construcciones () Otros ()

DAÑO : No visible () Carreteras (×) Residencias () Areas de pastos ((×) Residencias ()

ESTABILIZACION : No visible (×) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

FOTOGRAFÍA

Anexo 10.2. Caracterización del deslizamiento 2.

CARACTERIZACION DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro.	2
COORDENADAS	696507 - 9556526
FOTO Nro.	
ALTITUD:	2262 msnm
FECHA	09/04/2014

ALTURA:		
DIRECCION:	S 71°E	
ANGULO (inclinacion de la ladera en grados):		18°
FORMA DE LA LADERA: Recta ((×) Concava () Convexa ( )		
USO DEL TERRENO : Arbustos y arboles ( ) No vegetadas ( ) Pastos ( ) Cultivos (×) Residencial ( ) Via presente ( )		

CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (×) Flujo () Caidas () Reptacion () Erosion ()

LONGITUD : (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 19,46

ANCHO : (Promedio de la zona de aporte): 29,44

TIPO DE FALLA : Indeterminada () Rotacional (×) Translacional () Completa () Multiple ()

MECANISMO : Evento sencillo y rapido (×) Evento sencillo y lento () Evento multiple y rapido () Evento multiple y lento ()

SECUENCIA DE REPETICION:

ACTIVIDAD : Inactivo () Latente () Activo (×) Actividad localizada()

ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (×) Escarpe Vago ()

FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semiicircular (×) Elongado ()

AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m^2) (×) Mediana (200 - 500m^2) () Grande (>500m^2) ()

VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetacion escasa () Arbustos ()

FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (×)

ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA : Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (×) No presente ()

HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas humedas () Zonas de alta humedad (×) Zonas inundadas ()

VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA : No aplicable () No vegetada () Vegetacion escasa (×) Arbustos () Arboles ()

SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta organica () Suelo depositado (×) Suelo residual () Relleno ()

CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosion concentrada () Deforestacion () Exceso de agua (×) Cargas de construccion() Discontinuidades (×)

FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (×) Construcciones () Otros (×)

DAÑO : No visible () Carreteras (×) Residencias () Areas de pastos (×) Residencias (×)

ESTABILIZACION : No visible () Muros (×) Canales () Drenes () Otros ()

FOTOGRAFÍA

Anexo 10.3. Caracterización del deslizamiento 3.

CARACTERIZACION DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro.	3
COORDENADAS	696486 - 9556468
FOTO Nro.	
ALTITUD:	2264 msnm
FECHA	09/04/2014

ALTURA:		
DIRECCION:	S 12°E	
ANGULO (inclinacion de la ladera en grados):		32°
FORMA DE LA LADERA: Recta (×) Concava () Convexa ( )		
USO DEL TERRENO : Arbustos y arboles ( ) No vegetadas (×) Pastos ( ) Cultivos () Residencial ( ) Via presente ( )		

CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (×) Flujo () Caidas () Reptacion () Erosion ()

LONGITUD : (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 18,69

ANCHO : (Promedio de la zona de aporte): 30,63

TIPO DE FALLA : Indeterminada () Rotacional () Translacional () Completa () Multiple (x)

MECANISMO : Evento sencillo y rapido () Evento sencillo y lento () Evento multiple y rapido (×) Evento multiple y lento ()

SECUENCIA DE REPETICION:

ACTIVIDAD : Inactivo () Latente () Activo (×) Actividad localizada()

ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (×) Escarpe Vago ()

FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semiicircular (×) Elongado ()

AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m^2) (×) Mediana (200 - 500m^2) () Grande (>500m^2) ()

VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetacion escasa (×) Arbustos ()

FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho ()

ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA : Masa intacta () Masa desintegrada () Masa en forma de flujo (×) No presente ()

HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas humedas () Zonas de alta humedad (×) Zonas inundadas ()

VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA : No aplicable () No vegetada (×) Vegetacion escasa () Arbustos () Arboles ()

SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta organica () Suelo depositado (×) Suelo residual () Relleno ()

CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosion concentrada (×) Deforestacion () Exceso de agua () Cargas de construccion() Discontinuidades ()

FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (×) Construcciones () Otros (×)

DAÑO : No visible () Carreteras (×) Residencias () Areas de pastos () Residencias ()

ESTABILIZACION : No visible (×) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

FOTOGRAFIA

Anexo 10.4. Caracterización del deslizamiento 4.

CARACTERIZACION DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro.	4
COORDENADAS	696142 - 9556018
FOTO Nro.	
ALTITUD:	2301msnm
FECHA	09/04/2014

ALTURA:		
DIRECCION:	N 73°E	
ANGULO (inclinacion de la ladera en grados):		13°
FORMA DE LA LADERA: Recta (×) Concava () Convexa ( )		
USO DEL TERRENO : Arbustos y arboles ( ) No vegetadas ( ) Pastos (×) Cultivos () Residencial ( ) Via presente ( )		

CARACTERISTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO: Deslizamiento (×) Flujo () Caidas () Reptacion () Erosion ()

LONGITUD : (Distancia promedio desde el escarpe hasta la base): 209.5

ANCHO : (Promedio de la zona de aporte): 215.23

TIPO DE FALLA : Indeterminada () Rotacional (×) Translacional () Completa () Multiple ()

MECANISMO : Evento sencillo y rapido () Evento sencillo y lento (×) Evento multiple y rapido () Evento multiple y lento ()

SECUENCIA DE REPETICION:

ACTIVIDAD : Inactivo () Latente (×) Activo() Actividad localizada()

ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (×) Escarpe Vago ()

FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (×) Elongado ()

AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200m^2) () Mediana (200 - 500m^2) () Grande (>500m^2) ()

VEGETACION DEL ESCARPE: No aplicable () No Vegetada () Vegetacion escasa (×) Arbustos ()

FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho ()

ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA : Masa intacta (×) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No presente ()

HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No presenta zonas humedas () Zonas de alta humedad (×) Zonas inundadas ()

VEGETACION DE LA MASA DESPLAZADA : No aplicable () No vegetada () Vegetacion escasa (×) Arbustos () Arboles ()

SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta organica () Suelo depositado (×) Suelo residual () Relleno ()

CAUSA PROBABLE: Desconocida () Erosion concentrada () Deforestacion () Exceso de agua (×) Cargas de construccion() Discontinuidades ()

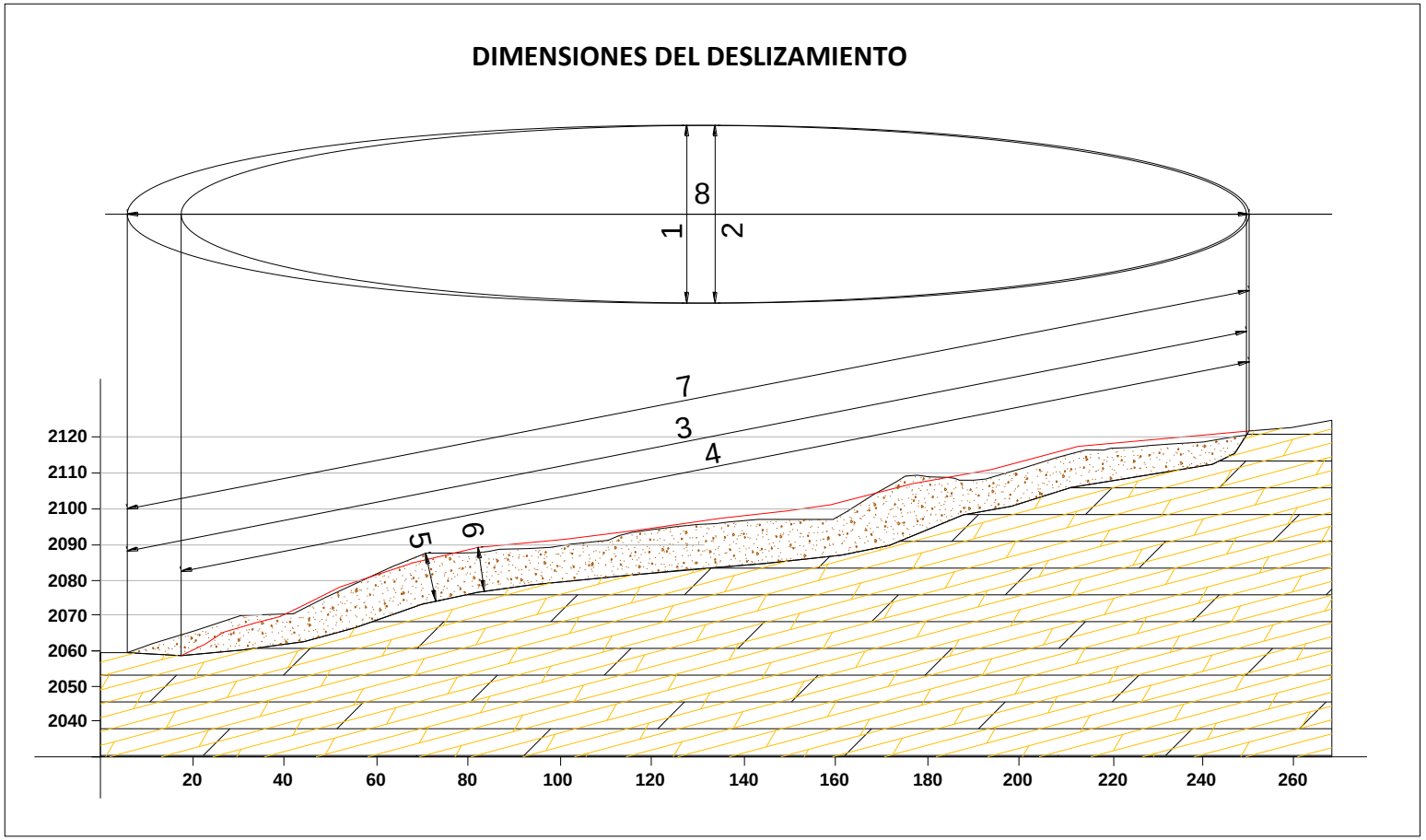
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (×) Construcciones () Otros ()

DAÑO : No visible () Carreteras () Residencias () Areas de pastos (×) Residencias ()

ESTABILIZACION : No visible (×) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

FOTOGRAFÍA

Anexo 10.5. Modelo utilizado para determinar medidas morfométricas de los deslizamientos con la relación Dr/Lr.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 11

Resistividad de los Materiales.

Anexo 11.1 resistividad de los materiales.

MATERIAL	RESISTIVIDAD (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	> 10000
Basamento. Roca fracturada	1500 -5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no0 saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50
Limos	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100-200
Margas del jurásico	30-40
Arena arcillosa	50-500
Arena silícea	200-3000
Suelo pedregoso desnudo	300-5000
Calizas blandas	100-300
Calizas compactas	1000-5000
Calizas agrietadas	500-1000
Pizarras	50-300
Roca de mica y cuarzo	800

Fuente: Universidad Nacional, 2000.

ANEXO 12

Mapa De Zonas de influencia a 25 metros de la red hidrográfica del Sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 13

Mapa De Susceptibilidad a Deslizamientos del Sector Menfis Central – Obrapía.

ANEXO 14

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT).