



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

Caracterización del deslizamiento de Malacatos mediante la aplicación de métodos de potenciales eléctricos

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Morocho Puga, César Augusto.

DIRECTOR: Tamay Granda, José Vidal, M. Sc.

Loja - Ecuador

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

M.Sc. Ing.

José Vidal Tamay Granda

DOCENTE DE LA TITULACIÓN DE GEOLOGÍA Y MINAS

De mi consideración:

Que el presente trabajo de fin de titulación. **“Caracterización del deslizamiento de Malacatos mediante la aplicación de métodos de potenciales eléctricos”**, realizado por Morocho Puga César Augusto, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por lo cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Septiembre de 2014.

f _____

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS

“Yo César Augusto Morocho Puga, declaro ser el autor del presente trabajo de fin de titulación Caracterización del deslizamiento de Malacatos mediante la aplicación de métodos de potenciales eléctricos, de la Titulación de Ingeniero en Geología y Minas, siendo M.Sc. Ing. José Vidal Tamay Granda, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f _____

Autor: Morocho Puga César Augusto

Cédula: 1102906607

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a la memoria de (+) Gregorio Morocho A. quien fuera mi guía y ejemplo de superación, a mi madre, a mis hijos Láyonel Daniel y Jadiya, a mi pareja Noemí a mis hermanos, quienes hicieron posible el sueño de conseguir una meta más en mi vida y pilar fundamental para culminar con éxito mi formación profesional.

César A. Morocho Puga.

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica Particular de Loja, a la planta administrativa y docente de la Titulación de Geología y Minas e Ingeniería Civil, profesionales de amplia trayectoria que compartieron desprendidamente sus conocimientos para mi formación.

Agradezco en forma especial al director del presente proyecto investigativo en la persona del M.Sc. Ing. José V. Tamay, que con su paciencia y consejos supo guiarme durante el desarrollo y culminación del presente proyecto.

A mi familia, en especial a mi madre Francisca, pilar fundamental en la culminación de mis estudios, a mis hermanos y a mi pareja que siempre han estado presentes en los momentos difíciles de mis estudios.

A mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Antecedentes.....	5
Objetivos.....	6
CAPITULO I GENERALIDADES:.....	7
1.1 Ubicación geográfica y acceso.....	8
1.2 Relieve e hidrografía.....	9
1.3 Geomorfología.....	10
1.4 Geología regional.....	11
1.5 Estructura.....	14
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL:.....	17
2.1 Movimientos de ladera.....	18
2.2 Clasificación.....	18
2.3 Investigación de deslizamientos.....	20
2.3.1 Investigación básica geología y geotécnica.....	21
2.3.2 Sondeos y muestreo.....	21
2.3.3 Ensayos geofísicos.....	22
2.3.4 Ensayos de laboratorio.....	24
CAPITULO III METODOLOGIA DE TRABAJO:.....	26
3.1 Documentación y validación de la información existente.....	27
3.2 Investigación de campo.....	27
3.2.1 Levantamiento topográfico.....	27
3.2.2 Levantamiento geológico estructural.....	29
3.2.3 Muestreo de suelos.....	30
3.2.4 Ensayos de tomografía eléctrica.....	30

3.3 Caracterización del deslizamiento de la zona de Malacatos.....	31
3.4 Trabajos de laboratorio.....	33
3.4.1 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.....	33
3.4.2 Interpretación de datos.....	35
CAPITULO IV INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	37
4.1 Geología local.....	38
4.2 Muestreo y ensayos de suelos.....	44
4.3 Ensayo de tomografía eléctrica.....	47
4.4 Análisis geotécnico del deslizamiento.....	55
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	62
• Afloramientos geológicos.....	64
• Ensayos de mecánica de suelos.....	74
• Inventario de deslizamiento.....	85
• Perfiles geofísicos.....	89
• Mapa de pendientes.....	92
• Mapa geológico local.....	93
• Mapa de suelos.....	94

LISTA DE FIGURAS

- Figura No. 1.1 Mapa de ubicación del área de deslizamiento.
- Figura No. 1.2 Mapa de la red hídrica del área tomados de los datos del IGM escala 1:50000.
- Figura No. 1.3 Mapa de pendientes de la cuenca Malacatos.
- Figura No. 1.4 Mapa geológico regional modificado por Hungerbühler (2002).
- Figura No.1.5 Columnas estratigráficas del Mioceno en las cuencas de Malacatos
Vilcabamba (Hungerbühler 2002).
- Figura No. 2.1 Clasificación de los movimientos de ladera (González de Vallejo 2002).
- Figura No. 2.2 Configuración electródica para un dispositivo Weenner–Schlumberguer, *k constante* del dispositivo para cálculo de resistividad aparente.
- Figura No. 2.3 Esquema de conexión del equipo de tomografía eléctrica en un estudio de resistividad en 2D (ABEM 2009).
- Figura No. 3.1 Levantamiento topográfico con estación total.
- Figura No. 3.2 Mapa topográfico de la zona de estudio.
- Figura No. 3.3 Afloramiento natural para descripción geológica.
- Figura No. 3.4 Equipo de tomografía eléctrica SAS 4000 para mediciones de resistividad eléctrica en suelo.
- Figura No. 3.5 Daños provocados por el deslizamiento al oeste del polígono.
- Figura No. 3.6 Equipo para ensayo de granulometría.
- Figura No. 3.7 Envases para ensayos de contenido de humedad.
- Figura No. 3.8 Ensayos de límites de Atterberg.
- Figura No. 4.1 Arcillas café claro a rojizas al noreste del polígono.
- Figura No. 4.2 Afloramiento arcilla gris claro sector noroeste.
- Figura No. 4.3 Afloramiento de conglomerado.
- Figura No. 4.4 Mapa geológico estructural de la zona de estudio polígono Malacatos.
- Figura No. 4.5 Areniscas calcáreas polígono Malacatos.
- Figura No. 4.6 Coluvios noreste, polígono Malacatos.
- Figura No. 4.7 Dren realizado en un acuífero.
- Figura No. 4.8 Mapa de correlación ensayos de suelos.
- Figura No. 4.9 Medios antrópicos que están activos en la zona.
- Figura No. 4.10 Distribución de la línea en los ensayos de tomografía eléctrica.
- Figura No. 4.11 Perfil geológico de la línea A-A´.
- Figura No. 4.12 Perfil geo eléctrico de resistividad eléctrica en la línea A-A.´
- Figura No. 4.13 Perfil geológico de la línea B-B´.

Figura No. 4.14 Perfil geo eléctrico de resistividad eléctrica en la línea B-B´.

Figura No. 4.15 Perfil geológico de la línea C-C´.

Figura No. 4.16 Perfil geo eléctrico de resistividad eléctrica en la línea C-C´.

Figura No. 4.17 Perfil geológico de la línea D-D´.

Figura No. 4.18 Perfil geo eléctrico de resistividad eléctrica en la línea D-D´.

Figura No. 4.19 Zona de afectación por el deslizamiento en la vía Loja-Malacatos Km 28.

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1.1 Puntos y coordenadas del polígono de estudio.

Tabla No. 2.1 Investigación de deslizamientos (González de Vallejo 2002).

Tabla No. 2.2 Resistividad característica de distintos materiales (Looke 1999).

Tabla No. 2.3 Normas aplicadas en el estudio de mecánica de suelos.

Tabla No. 3.1 Resultados obtenidos en el laboratorio.

Tabla No. 3.2 Trabajos de gabinete y etapas.

Tabla No. 4.1 Características mecánicas de los suelos.

RESUMEN EJECUTIVO

El departamento de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja, en su afán de investigar y difundir el conocimiento Geológico y Geodinámico del Sur del Ecuador, impulsa el presente estudio, orientado a la investigación del movimiento de ladera que se produce en el kilómetro 28 de la vía Loja–Malacatos, el cual afecta a 28 hectáreas de terreno agrícola y obras civiles.

La investigación consta de dos etapas, el trabajo de campo, que comprende; levantamiento topográfico, levantamiento geológico, estudio de suelos y ensayo de tomografía eléctrica. En la segunda etapa se realiza la interpretación y análisis de los datos obtenidos, con la finalidad de hacer una evaluación de los factores condicionantes del movimiento, determinar la profundidad del mismo en pos de la planificación de obras posteriores y dar un uso adecuado al suelo.

PALABRAS CLAVES: Tomografía Eléctrica, factores condicionantes, factores desencadenantes, movimiento de ladera.

ABSTRACT

The Department of Geology and Mines of the Technical University of Loja, in an effort to investigate and publicize the Geological and Geo-South of Ecuador dynamic knowledge drives the present study aimed at investigating the movement of slope that occurs in kilometer 28 of the road Loja-Malacatos, which affects 28 hectares of agricultural land and civil works.

The research consists of two stages, fieldwork, comprising; topographical survey, geological survey, soil survey and testing of electrical tomography. In the second stage, the interpretation and analysis of the data, in order to make an assessment of the determinants of motion, estimate its depth towards planning further works and give adequate soil use takes place.

KEYWORDS: Electrical Tomography, conditioning factors, triggers, slope movement.

INTRODUCCIÓN

Las líneas de investigación planteadas desde la sección de Geodinámica, aportan al conocimiento geológico de la región, lo cual contribuye a generar investigación sobre los riesgos geológicos de la región. De esta manera la presente investigación, se ha tomado como zona de estudio la cuenca de Malacatos, relacionado al movimiento de ladera ubicado en el Kilómetro 28 de la vía Loja-Malacatos, el mismo que afecta a 28 hectáreas de terreno que en su mayor parte es utilizado con fines agrícolas y construcción de viviendas de la población que habita en este sector.

Nuestro objetivo principal, está orientado a la caracterización geológica-geotécnica del movimiento de ladera, así como determinar su profundidad mediante la adquisición de datos técnicos en campo, que nos permitan evaluar la situación actual y sus posibles consecuencias en un futuro.

La temática se ha distribuido en cuatro capítulos. En el primer capítulo se hace referencia a las características físico-geográficas de la zona como es, ubicación geográfica, accesos, relieve, hidrografía y geomorfología, parámetros importantes en el desarrollo del estudio como punto de partida. Seguidamente se describe la geología regional, que permite conocer el medio geológico sobre el cual se ha producido el movimiento. En el segundo capítulo se enmarca la fundamentación teórica, aquí se detalla, conceptos, formulas y protocolos que se aplican en el desarrollo de la investigación, destacando los procedimientos de análisis de suelos y la aplicación de la resistividad eléctrica mediante el uso de la tomografía eléctrica del terreno, con métodos indirectos de investigación.

En el tercer capítulo se procede a hacer un análisis de la información obtenida en campo con la obtenida en oficina y laboratorio, iniciando con la descripción en el proceso del levantamiento topográfico de la zona de estudio, así como su procesamiento de datos en el respectivo software, y, la edición del mapa correspondiente, mismo que servirá de base para los trabajos posteriores, también se hace referencia a los protocolos de campo para la toma de muestras y los posteriores ensayos de suelos, finalmente se detalla la metodología para la toma de datos aplicando el método de tomografía eléctrica, resultados que serán correlacionados con la geología local y los respectivos resultados de laboratorio de mecánica de suelos.

Finalmente se presenta los anexos, en donde se encuentran los resultados de los ensayos

de laboratorio (clasificación SUCS), fichas de afloramientos, deslizamiento, resultados del perfil geo-eléctrico y un mapa final en donde convergen los resultados de todas las investigaciones, que dan el modelamiento del deslizamiento objeto de esta investigación.

ANTECEDENTES

Los riesgos geológicos están asociados a procesos que reflejan el carácter dinámico del medio natural. La mayoría de las veces estos procesos han alcanzado un punto de equilibrio o estabilidad. Sin embargo, en ocasiones la actividad humana interfiere en la naturaleza, modificando las condiciones existentes y de equilibrio, liberando de forma súbita enormes fuerzas asociadas a la energía potencial acumulada durante millones de años.

El movimiento de ladera más relevante en la cuenca de Malacatos es el deslizamiento del barrio San José que afecta a 28 has de superficie del terreno, modificando la topografía original de este sector. Otros movimientos de ladera en este sector de la cuenca han dejado también su impronta en los registros históricos (se han mapeado alrededor de tres grandes deslizamientos hasta octubre del 2010 – Rugby Márquez Carrión tesis de grado).

En todos los casos, el factor desencadenante se atribuye a las continuas lluvias durante la época invernal asociadas a una mala práctica agrícola (riegos no controlados), factores que desencadenan el movimiento, destruyendo viviendas y carreteras de la zona. Esto motivó a realizar una investigación detallada con la utilización del método de tomografía eléctrica, que en base a materiales conductores y resistivos poder determinar la profundidad del deslizamiento que afecta directamente a la vía de primer orden que conduce desde Loja a Zumba. El trabajo se inicia con el levantamiento topográfico a escala 1: 1000 (escala de trabajo y 1:1500 escala de impresión), con el posterior levantamiento geológico estructural, ensayos de mecánica de suelos y finalmente el estudio geofísico con aplicación del método de resistividad eléctrica por el método de tomografía eléctrica. A partir de los resultados obtenidos se propone una serie de recomendaciones inmediatas que deben considerarse para evitar que este movimiento de ladera cause daños a la infraestructura y/o pérdida de vidas humanas.

OBJETIVOS

Durante la proyección del presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- **Objetivo general**

Caracterización geológica geotécnica del movimiento de ladera en el ingreso a la ciudad de Malacatos con aplicación de Potenciales eléctricos.

- **Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico a escala 1:1000 (escala de trabajo) del área de estudio y zona de influencia.
- Levantamiento de datos estructurales, caracterización geológica y clasificación de suelos del área de estudio.
- Generar el mapa geológico estructural y parámetros geotécnicos a la zona de desestabilización.
- Determinar los valores de resistividad del suelo mediante la aplicación de líneas de tomografía eléctrica en superficie.
- Determinar la profundidad y alcance de la zona inestable con los datos de resistividad eléctrica e integrarlos con los datos estructurales de superficie.
- Establecer el tipo de movimiento, los mecanismos de rotura y los factores que controlan la inestabilidad del movimiento de ladera.

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1 Ubicación geográfica y acceso.

El área de estudio se encuentra localizada al sur del Ecuador, en la parroquia de Malacatos a 28 Km al sur occidente de la ciudad de Loja (Figura No. 1.1), el mismo que pertenece al cantón y Provincia de Loja. Con una extensión de 28 Has. Delimitado en las siguientes coordenadas. (Tabla No.1.1)

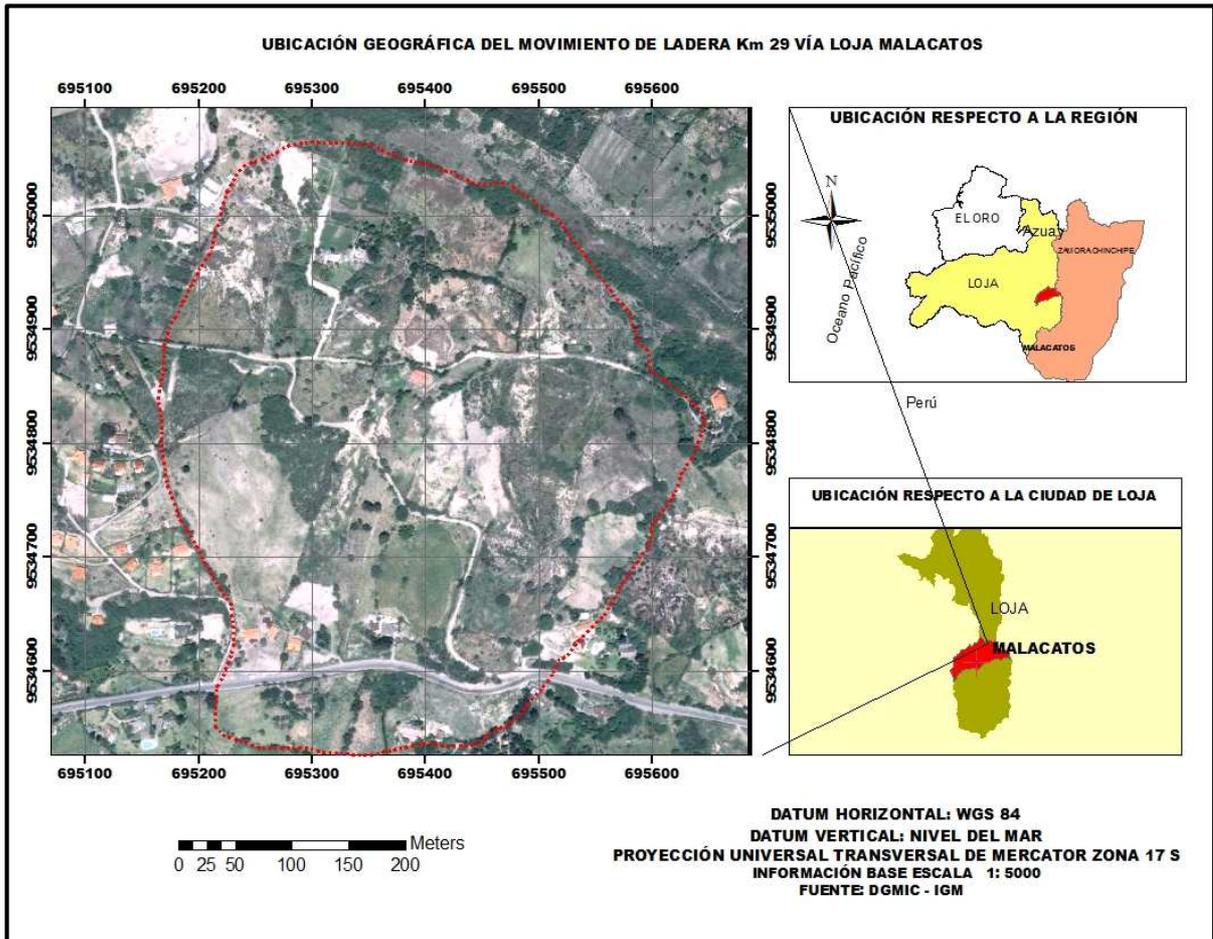


Figura No. 1.1 Mapa de Ubicación del área del deslizamiento.

Fuente: DGMIC–IGM.

El acceso se lo realiza desde la ciudad de Loja, a través de la vía de primer orden, que conduce desde Loja a Yangana-Zumba, existen vías y caminos secundarios que facilitan la accesibilidad hasta la zona de estudio.

Tabla No. 1.1 Puntos y coordenadas del polígono de estudio

PUNTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	REFERENCIA
PUNTO E1	694994,817	9534811,822	N
PUNTO E2	695428,996	9534465,305	NE
PUNTO E3	695283,442	9534690,251	NE
PUNTO E4	694829,456	9534594,720	NW
PUNTO E5	695262,767	9534173,371	SE
PUNTO E6	694899,711	9534199,835	SW

Fuente: El Autor.

1.2 Relieve e hidrografía.

El relieve en general de la cuenca Malacatos en su mayoría es muy accidentado, ya que forma parte de la cadena montañosa de los Andes. Forma cauces con valles tipo (V) en las partes altas, y, (U) en las partes bajas donde el valle es más amplio, la topografía varía en altitudes desde 1400 a 1700 msnm y en ciertas zonas alcanza alturas hasta 2200 msnm.

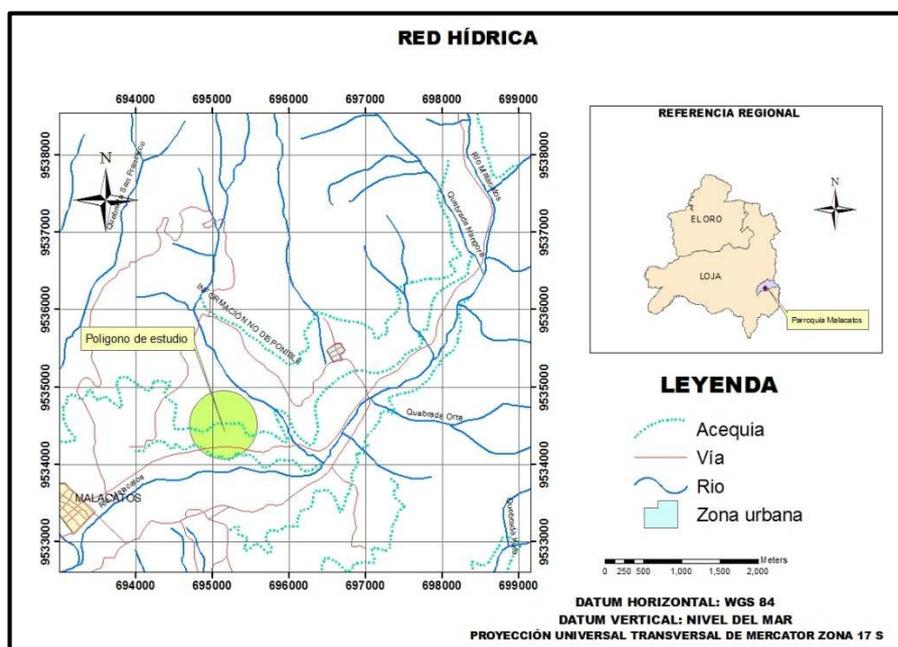


Figura No. 1.2 Mapa de la red hídrica del área, tomado de los datos del IGM, escala 1:50000.

Fuente: El Autor.

La red hídrica está compuesta principalmente por el río Malacatos que atraviesa al pie del área de estudio en sentido noreste-suroeste, siendo alimentado por caudales perennes provenientes del nudo de Cajanuma, y, estacionales provenientes del agua de escorrentía (Figura No.1.2).

1.3 Geomorfología.

La superficie de la tierra se ve modificada constantemente por la combinación de procesos que actúan en la superficie como agentes modeladores del terreno (erosión diferencial, disposición de las rocas y factores climatológicos) que esculpen paisajes, y guarda estrecha relación entre los tipos de rocas presentes y el clima de la cuenca.

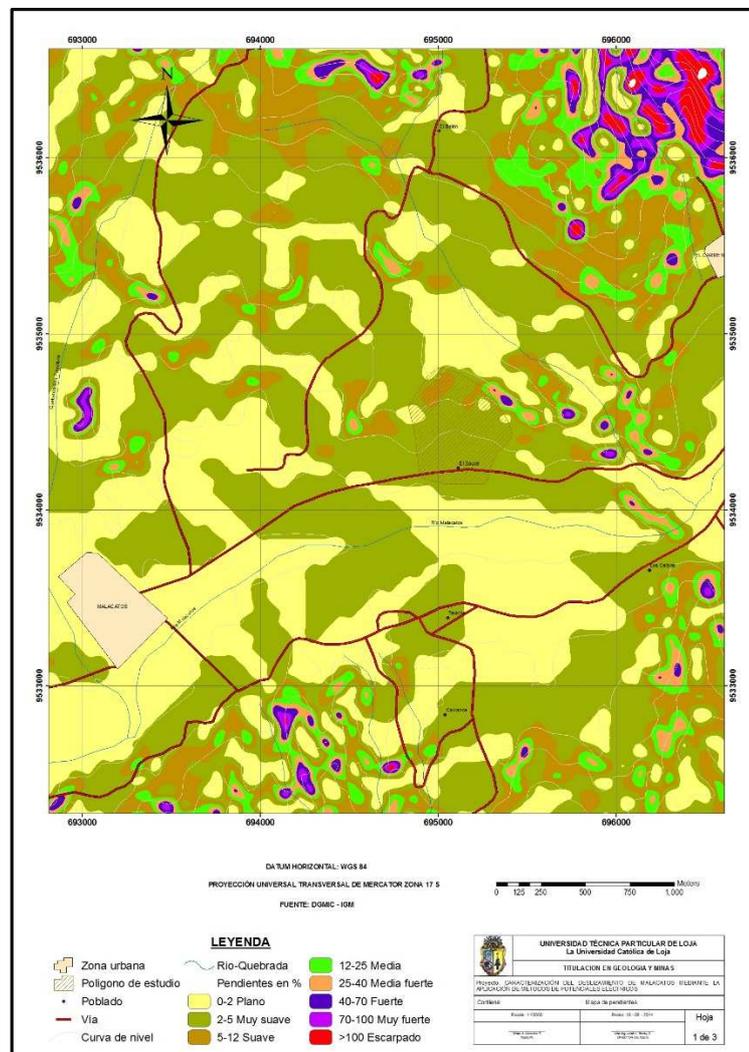


Figura No. 1.3 Mapa de pendientes de la cuenca de Malacatos.

Fuente: El Autor.

Los estudios geomorfológicos de la región son elementos indispensables de cualquier planificación territorial, puesto que ponen en evidencia la movilidad del medio físico, los agentes que la provocan y el origen de los mismos.

Como puede evidenciarse (Figura No.1.3) en esta cuenca los procesos geológicos proporcionan un paisaje geomorfológico singular, observándose un relieve en general relativamente suave con colinas desgastadas (rocas sedimentarias) y montañas altas (Rocas metamórficas y depósitos fluviales, F. Cerro Mandango).

Estos dos grupos de rocas están condicionadas con la morfo-estructura, morfogénesis local y la fuerza de la actividad gravitatoria de la zona.

Si observamos el mapa de pendientes (Figura No.1.3), podemos ver que se ha clasificado las pendientes en rangos de variación consecutiva de 0 a >100%, por lo tanto; la cuenca en su mayoría está constituida principalmente por tres rangos de pendientes que van de 0 a 25% (entre relieve plano a mediano), y en las márgenes se observan pendientes superiores típicos de un cambio de litología (Unidad Chigüinda y serie sedimentaria).

1.4 Geología regional.

Regionalmente las formaciones geológicas (Figura No. 1.4), que forman parte de la cuenca sedimentaria de Malacatos según Hungerbühler (2002) son:

1.3.1 Unidad Chigüinda (Paleozoico).

Constituye el basamento de las formaciones sedimentarias, formado por rocas tipo cuarcitas, mica esquistos, esquistos grafitosos, y pizarras. El espesor no es conocido, pero se asume que es de varios Kilómetros (Hungerbühler, 2002).

1.3.2 Unidad Sabanilla. (Paleozoico).

Comprende un cinturón alargado de dirección NNE-SSW en contacto tectónico las unidades Chigüinda e Isimanchi, se puede observar perfectamente en la vía Loja-Zamora en la población de Sabanilla, se considera a esta unidad del Triásico (Litherland y otros 1994).

1.3.3 Formación Loma Blanca. (Oligoceno-Mioceno).

Se le conoce con este nombre para hacer mención al cerro Loma Blanca, básicamente contempla la parte basal en un aglomerado, y luego por una secuencia de tobas blancas de

grano medio con estratificación, cuyas capas tienen un ángulo de inclinación de aproximadamente 124 grados, en dirección SE.

Las rocas de esta formación están envueltas en una matriz limosa, los clastos, principalmente tobas abigarradas conservan tamaños que van desde milimétricos a centimétricos. La formación está sobrepuesta por una secuencia de tobas aglomeráticas, tobas y flujos piroclásticos, cuyo ambiente de depositación es de tipo continental. Es preciso indicar que la Formación Loma Blanca descansa discordantemente sobre la Formación Gonzanamá. Según Kennerley (J.B), 1973 esta formación tiene un espesor de más de 1500 m, aún su edad es desconocida, sin embargo Kennerley le asigna una edad equivalente a la Formación Saraguro (oligoceno-mioceno inferior).

1.3.4 Formación San José (Mioceno Superior).

La formación San José sobreyace discordantemente sobre la Formación Loma Blanca en el bloque "La Granja", al noroeste y la parte central de la cuenca. Además, aflora en 2 Km de carretera del poblado el Tambo. La serie sedimentaria más antigua en la cuenca fue nombrada por Hungerbühler (1997, debido al pueblo San José, 688650/9537000), y en parte reemplaza a la Formación Algarrobillo de Kennerly (1973). Principalmente, la formación consiste en areniscas calcáreas de varias potencias y de calizas micríticas. Además, existen bioclastos, brechas, capas de gravas dispuestas como en láminas con cantos volcánicos, en menor cantidad lutitas bioturbadas con concreciones micríticas calcáreas no fosilíferas en forma de disco. La mezcla de areniscas de grano grueso es frecuente. Se observó estratificación horizontal y tabular cruzada de ángulos bajos con abundantes superficies de reactivación y la estratificación Hummoky. La máxima potencia de la formación es de 200 m. Las areniscas calcáreas y calizas tienen abundantes ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, escalópodos, foraminíferos (*Trochaminita irregularis*, *Quinqueloculina* sp. aff *seminulum*), núcleos de carófitas, dientes y huesos de peces.

La fauna de ostrácodos (Peterson et al..., 2002) consiste en los recién descritos peces de agua dulce Cyprididae (*Cypridopsis tamboensis*, *Bradleystrandesia serena*, *Candona harrisi*, y algunas otras especies Cypridid no identificadas) y los Cytherideidae de aguas salobres (ambientes de transición) (*Cyprideis malacatensis*, *Cyprideis* sp. aff *shedogymnos* Muñoz-Torres, Whatley et van Harten, 1998, *Vetusocytheridea splendens*). Gracias a dos tobas, esta formación ha sido datada por ZFT (zircón fission track) con edades de 13,5 ±1,2 Ma y 13,1 ±1,9 Ma, en el mioceno medio- tardío.

Los foraminíferos y los ostrácodos de agua dulce demuestran que el ambiente de depositación ha sido costanero con ciertas entradas de agua dulce. Las facies de areniscas se comparan, en parte, con las arenas formadas por las olas y por corrientes de marea en canales de estuario, canales con barras en el frente deltaico. Las areniscas calcáreas y calizas representan planicies de inundación y depósitos lagunares. En conclusión, la fauna y la información de las facies sugiere que la Formación San José fue depositada en un ambiente dominado por las mareas y los deltas.

1.3.5 Formación Santo Domingo (Mioceno Medio).

Fue descrita por Hungerbühler (1997); y sustituye la parte superior de la Formación Algarrobbillo y a la Formación Cabalera que las describiera Kennerley en 1973. Esta formación, que tiene un espesor variable con un máximo de 700m. está dividida en dos miembros.

El miembro carbón está compuesto de secuencias repetidas de capas estratificadas de carbón bituminoso, pizarras negras y limonitas menores, en parte areniscas canalizadas con intervalos de estratificación cruzada y laminaciones onduladas tipo ripple. Las capas de carbón continúan lateralmente, las mismas que alcanzan una potencia de 2m.

El miembro yeso se encuentra en forma de laminaciones en las capas de arenisca tiene un color verdoso, las areniscas son de grano medio, presentan laminaciones tipo ripple. El yeso primario se presenta en las areniscas como agujas prismáticas verticales y recristaliza los planos en embudos formando lentes de brecha. El yeso secundario es muy abundante mostrándose en capas de hasta 0,20m. de espesor, en la quebrada Santo Domingo y cerca la mina La Merced, el yeso se presenta en grandes estructuras tipo pliegues. Se observan, de manera escasa y mal conformados gasterópodos; también se han encontrado ostrácodos y dientes de peces, no pudiéndose precisar su edad. Las edades antiguas que se sobreponen a las edades obtenidas en la Formación San José, confirman una interferencia entre las dos formaciones.

Las facies y la mineralogía de la Formación Santo Domingo implican ajuste de depósitos deltaicos costeros con predominios de las mareas y entornos pantanosos; por lo tanto, guardan similitud con la Formación San José. Esto se corrobora con la aparición de yeso primario y vetas de carbón, con tendencia Norte-Sur expuestas en forma paralela a la reconstrucción de la línea de costa. El alto contenido de azufre de los carbones sugiere su formación en un medio costero. Además, la alternancia con intervalos de yeso y el carbón

(que contienen fósiles, hojas que indican un clima tropical bajo), sugiere que la deposición se produjo en diversas condiciones de sequedad y humedad a lo largo del borde de la llanura costera (Hungerbühler, 1997).

1.3.6 Formación Cerro Mandango (Mioceno Superior).

Los principales afloramientos de la formación aparecen dentro de un sinclinal entre Vilcabamba y Malacatos con orientación SSE-NNW, (el dominio tectónico-estratigráfico se extiende desde el sur hasta el centro, donde el espesor puede llegar hasta 1000 m), y en el bloque La Granja. Este sobre yace la Formación Santo Domingo y antiguas rocas metamórficas en discordancia angular y en parte se sobrepone concordante a la Formación Quinara.

La sucesión observada del miembro inferior de arenisca y del miembro superior de conglomerado refleja la alta tendencia de la formación. El miembro superior es más grueso en la parte meridional de la cuenca, donde progresivas discordancias espectaculares están presentes. El miembro arenisca consiste de estratificación ondulada y cruzada, areniscas de grano medio y grueso, capas y láminas de gravas con cantos metamórficos, en menor cantidad limonitas.

El miembro arenisca hacia el techo y dentro del miembro conglomerado, se caracteriza por tener canales anchos con clastos (metamórficos) que forman parte de los conglomerados, areniscas gruesas y en poca cantidad limonitas. En ciertos lugares posee cristales blancos y líticos (clastos metamórficos), tobas, areniscas tobáceas y brechas de pómez que están intercaladas con suficientes capas de circón, marcador para análisis ZFT. La sucesión de facies representa la transición de una carga de fondo denominada sistema arenoso fluvial y de un abanico aluvial que va desde el Sur hacia el Norte. La fuente de la recristalización del material fue exclusivamente situada en rocas metamórficas de la cordillera Real (Hungerbühler, 1997).

1.5 Estructura.

En la cuenca de Malacatos se ha podido determinar mediante el mapa geológico estructural (Figura No. 1.4), que los estratos tienen un buzamiento hacia el este entre 15 a 40 grados. Localmente para toda la Formación Santo Domingo, los buzamientos son muy acusados y algunos filones de carbón están inclinados en 60 grados o más. El conglomerado entre Taxiche y Malacatos presentan plegamientos más importantes con una dirección de los ejes Norte - Noroeste directamente al norte del cerro Picota. En la parte este de la cuenca, los

sedimentos de la formación de conglomerados son localmente verticales o casi volcados, eso nos permite deducir que hay una falla inversa de ángulo elevado, la cual ha desplazado los estratos a esta posición. En contraste los conglomerados del cerro Mandango son más o menos horizontales porque los buzamientos son bajos y el rumbo de la estratificación es más variado.

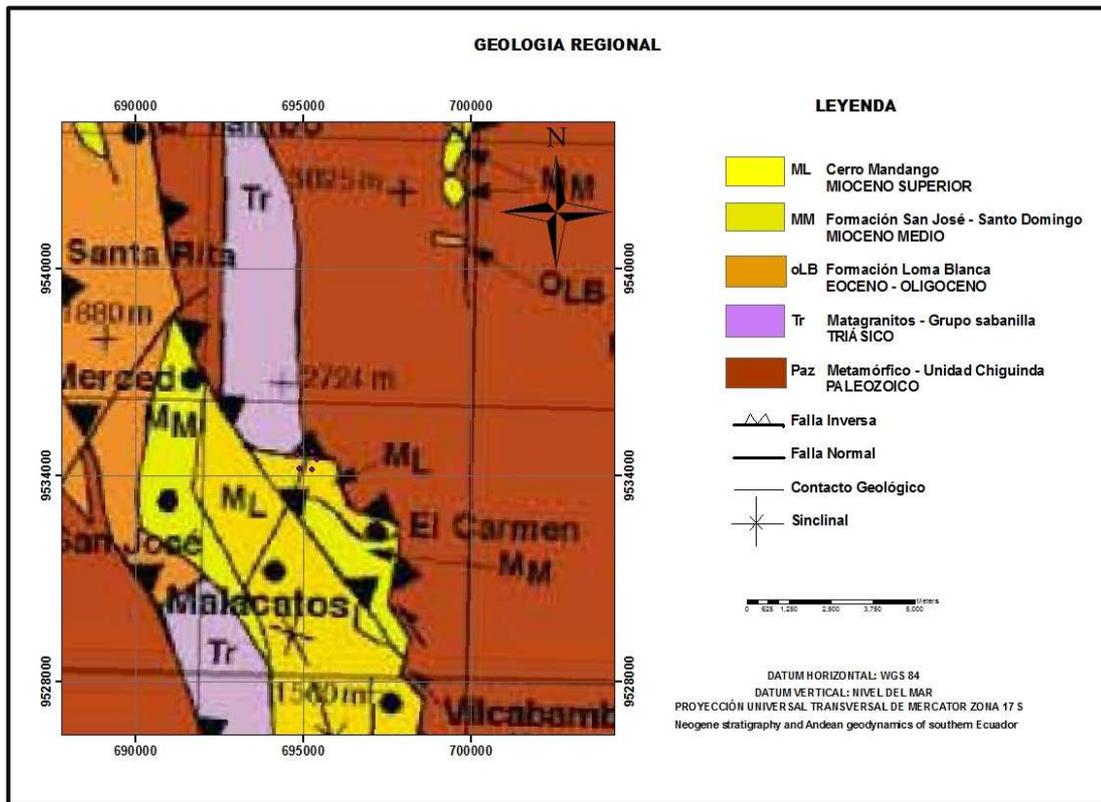


Figura No. 1.4 Mapa geológico regional.

Fuente: Hungerbühler (2002).

Hay muchas fallas en la cuenca de Malacatos sobre todo por la conservación de estratos terciarios en una depresión fallada, con terreno metamórfico Paleozoico. Toda la parte este de la cuenca esta fallada y las evidencias indican que hay una falla normal en la parte central de la depresión, el lado oeste se encuentra también fallado, cortando las formaciones de la secuencia terciaria por abajo, de modo que el conglomerado Cerro Mandango queda junto a las rocas metamórficas. La repetición de la Formación Santo Domingo en San Pedro y Vilcabamba se debe a una falla Norte-Sur a lo largo del centro de la cuenca. Muchas pequeñas fallas transversales (Este-Oeste) son observadas en el campo pero ellas no causan más que pequeños deslizamientos.

El basamento de la cuenca Malacatos Vilcabamba está formado por rocas metamórficas de edad Paleozoica (Kennerley, 1973) y las rocas volcánicas-volcanoclásticas de edad Paleoceno-Eoceno-Oligoceno ($40.6 \pm 5.4 - 26.6 \pm 4.0$ Ma. Hungerbühler, 2002), interpreta que las secuencias sedimentarias de las cuencas son de edad Miocénica (Pilatasig 2005).

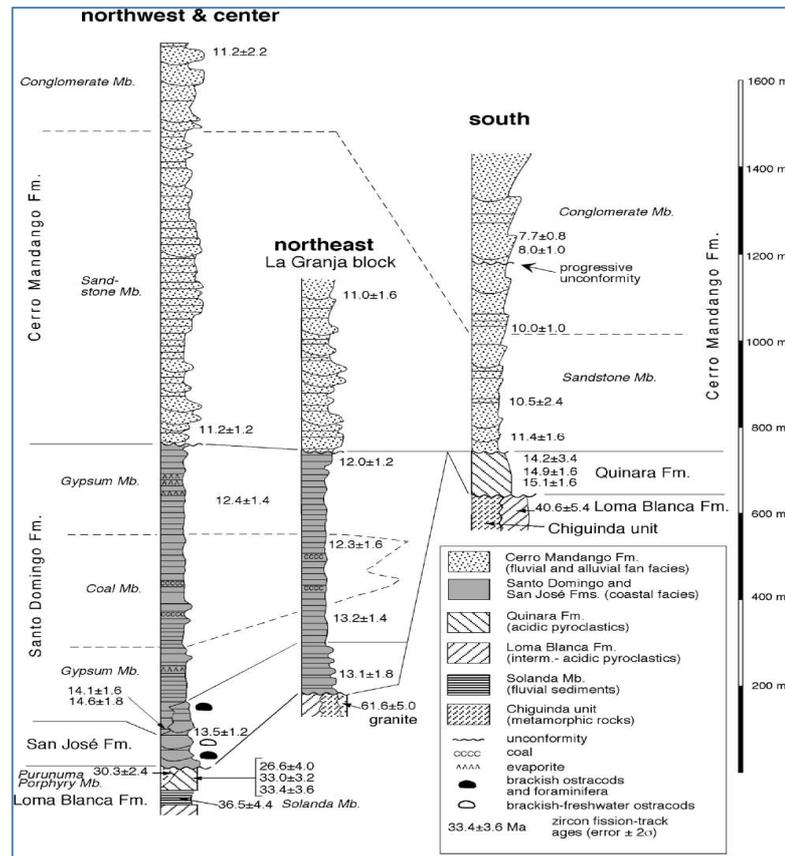


Figura No. 1.5 Columnas estratigráficas del Mioceno en las cuencas de Malacatos-Vilcabamba

Fuente: Hungerbühler, 2002.

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1 Movimientos de ladera.

Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diversas características, magnitud y velocidad. Los más frecuentes y extendidos son los movimientos de ladera que engloban en general a los procesos gravitacionales que tienen lugar en las laderas.

Los movimientos del terreno son habituales en el medio geológico asociados a la acción de la gravedad, al debilitamiento progresivo de las rocas principalmente por meteorización y a la actuación de otros fenómenos naturales y ambientales.

La investigación de los movimientos del terreno, de sus características y tipos, de los factores que los controlan y de sus causas, tiene por objetivo reducir o evitar los efectos de peligrosidad que pueden desencadenar estos procesos.

Los movimientos de ladera pueden definirse como movimientos gravitacionales de masas de suelos y/o rocas que afectan a las laderas naturales. Son los procesos erosivos más extendidos, provocando la destrucción de materiales y su morfología que se deben al desequilibrio entre las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, de tal forma que las fuerzas desestabilizadoras superan a las fuerzas estabilizadoras o resistentes.

Entre las áreas más propensas a la inestabilidad están las zonas montañosas y escarpadas, zonas de relieve con procesos erosivos y de meteorización intensos, laderas de valles fluviales, zonas con materiales blandos y sueltos, macizos arcillosos y alterables, zonas con intensa actividad sísmica y precipitación elevada. Las actividades humanas al realizar construcciones civiles como voladuras de canteras y taludes, así como la construcción de embalses y escombreras pueden dar lugar a movimientos de ladera.

2.2 Clasificación.

Los tipos de deslizamientos más habituales, se han resumido en una clasificación, en función de los mecanismos de rotura y el tipo de material, tomando como base la clasificación de Varnes 1984, Hutchinson 1988, EPOCH 1993 y Dikau 1996.

2.2.1 Deslizamientos.

Son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estos planos; la masa generalmente se

desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes proporciones.

2.2.2 Flujos.

Flujos o coladas son movimientos de masas de suelos (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o "derbis flow") o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) donde el material está disgregado y se comporta como un "fluido", sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas. El agua es el principal agente desencadenante; afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados. Se dan en materiales predominantemente finos y homogéneos, y su velocidad puede alcanzar varios metros por segundo. Los flujos de derrubios son movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla.

2.2.3 Desprendimientos.

Son caídas libres repentinas de bloques o masas de bloques rocosos independizados por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficie de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas, etc.

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos suponen un riesgo importante en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montaña.

2.2.4 Avalanchas rocosas.

Son procesos muy rápidos de caída de masas de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas y pueden ir acompañadas de hielo y nieve. Las masas rocosas se rompen y pulverizan durante la caída, dando lugar a depósitos con una distribución caótica de bloques, con tamaños muy diversos, sin estructura, prácticamente sin abrasión y con gran porosidad. Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de las masas rotas, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 km/hora (Figura No.2.1).

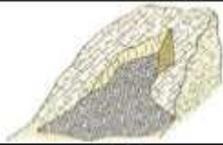
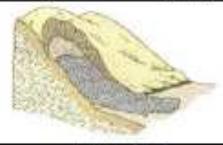
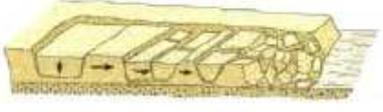
TIPOS DE MOVIMIENTO DE LADERA		
DESIZAMIENTOS ROTACIONALES		
	SUELOS	ROCAS
DESIZAMIENTOS TRASLACIONALES		
	SUELOS	ROCAS
FLUJOS		
	SUELOS	DERRUBIOS
DESPRENDIMIENTOS		
	ROCAS	SUELOS
VUELCOS		
	ROCAS	SUELOS
AVALANCHAS		
	ROCAS	DERRUBIOS
DESPLAZAMIENTOS LATERALES		
	SUELOS	BLOQUES ROCOSOS

Figura No. 2.1 Clasificación de los movimientos de ladera
Fuente: González de Vallejo 2002.

2.3 Investigación de deslizamientos.

La actividad de un deslizamiento se define como el estado de movimiento en el que se encuentra dicho deslizamiento; es decir si se encuentra funcionando o es potencial. Las investigaciones más habituales que se realizan para estudiar un deslizamiento se indican en la tabla No.2.1 donde se define las fases de investigación. Así como los diferentes métodos y técnicas aplicados a su estudio.

Tabla No. 2.1 Investigación de deslizamientos

Ámbito	Fases	Métodos y técnicas	Finalidad
Investigación de las áreas inestables	Estudios Preliminares	Revisión de información y cartografías existentes.	Investigación de los procesos y tipos de movimientos.
		Interpretación de fotografías aéreas y teledetección.	
	Reconocimientos Generales	Observaciones de campo. Cartografía de los procesos. Cartografía de los factores.	Identificación de los factores condicionantes. Evaluación general de la estabilidad de la zona.
Investigación de deslizamientos particulares	Estudio de los procesos y los factores que los causan	Reconocimiento de campo.	Descripción y clasificación de los procesos y de los materiales. Análisis de la susceptibilidad en base a la presencia de procesos y concurrencia de factores condicionantes.
		Investigación preliminar del subsuelo.	
		Geofísica.	
	Investigaciones en detalle	Observaciones y medida de afloramientos.	Descripción y clasificación de los movimientos, datos morfológicos, geológicos, hidrogeológicos y geo-mecánicos.
		Sondeos geofísicos, ensayos de campo, toma de muestras.	
	Instrumentación	Ensayos de laboratorio	Datos de velocidad, dirección, situación de planos de rotura, presiones de agua.
Inclinómetros, extensómetros, tiltímetros, piezómetros.			
Análisis de la estabilidad	Equilibrio límite. Modelos matemáticos tenso-deformacionales.	Definición de los modelos y mecanismos de rotura. Evaluación de la estabilidad. Diseño de medidas correctoras.	

Fuente: González de Vallejo, 2002.

2.3.1 Investigación básica geología y geotécnica.

Estudios geológicos a detalle en la zona de investigación y los relacionados con Mecánica de Suelos se realiza con la finalidad de obtener los parámetros geotécnicos básicos necesarios para definir obras de mitigación y remediación en la zona inestable.

2.3.2 Sondeos y muestreo.

Los sondeos y su respectivo muestreo corresponden a los métodos destructivos o directos, es decir que se aplican procesos mecánicos para explorar el subsuelo, durante este proceso recogemos muestras a diferentes profundidades, las mismas que posteriormente sirven para caracterizar al suelo, estos trabajos van acompañados de ensayos de SPT. Durante esta exploración se puede localizar acuíferos, estratos susceptibles de colapsar y profundidad de los movimientos entre otros parámetros. Y finalmente obtener un mapa geotécnico del sitio.

2.3.3 Ensayos geofísicos.

Los estudios geofísicos de superficie representan un método de análisis de los geo-materiales en términos de sus propiedades físicas de las rocas. De ellas la resistividad eléctrica (Tabla No.2.2) es bastante importante y ha sido relacionada con parámetros petrofísicos como la porosidad y el grado de saturación, entre otros; además la presión y temperatura pueden ejercer también modificaciones importantes en los valores. La adquisición de datos de campo puede llevarse a cabo con configuraciones de electrodos que pueden variar su arreglo y que dependen estrictamente del objeto para el cual se realiza la exploración.

La técnica de exploración geofísica por el método de la tomografía eléctrica, técnica multi-electrónica se está aplicando para estudios de deslizamientos. Esto nos permite realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, obteniendo por tanto modelos 2-D y 3-D de la resistividad del terreno de gran resolución. Esta técnica de exploración tiene un gran abanico de aplicaciones: en geología, geotecnia, hidrología o medio ambiente.

Tabla No. 2.2 Resistividad características de distintos materiales.

Material	Conductividad ($\Omega \cdot m$)	Resistividad (Siemens/m)
Rocas ígneas y metamórficas		
Granito	$5 \cdot 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \cdot 10^{-4}$
Basaltos	$10^3 - 10^6$	$10^6 - 2 \cdot 10^{-4}$
Esquisto	$6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^{-8} - 1,7 \cdot 10^{-3}$
Mármol	$10^2 - 25 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^{-9} - 10^{-2}$
Cuarcitas	$10^2 - 25 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^{-9} - 10^{-2}$
Rocas sedimentarias
Areniscas	$8 - 4 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^{-4} - 0,125$
Pizarras	$20 - 2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{-4} - 0,05$
Calizas	$50 - 4 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^{-3} - 0,02$
Suelo y agua
Arcillas	1-100	0,01-1
Aluvial	10-800	$1,25 \cdot 10^{-3} - 0,1$
Subterráneas (dulce)	10-100	0,01-0,1
Agua de mar	0,2	5

Fuente: Loke 1999.

El procedimiento para obtener los modelos de resistividad del terreno, consiste en inyectar una cantidad conocida de corriente al subsuelo y medir la diferencia de potencial entre dos puntos. El proceso se repite en todo el área de inspección y, una vez obtenidas estas medidas se dispone de una distribución de resistividades experimentales a lo largo del subsuelo. Dado que el subsuelo es heterogéneo, este conjunto de resistividades no corresponde a la distribución real sino que representa una amalgama de ellas, el cálculo para obtener el modelo de resistividades reales del subsuelo se realiza a través de técnicas de inversión utilizando un sistema interactivo.

En este estudio se ha utilizado la configuración Wenner–Schlumberger que es un dispositivo simétrico muy utilizado en el caso de capas plano-paralelas. Los electrodos que miden el potencial M y N se disponen en el centro del dipolo y se mantienen a una distancia constante (a), mientras que los electrodos A y B por donde se inyecta corriente van aumentando progresivamente la distancia con el número de medidas (n) hasta llegar al final del perfil (na).

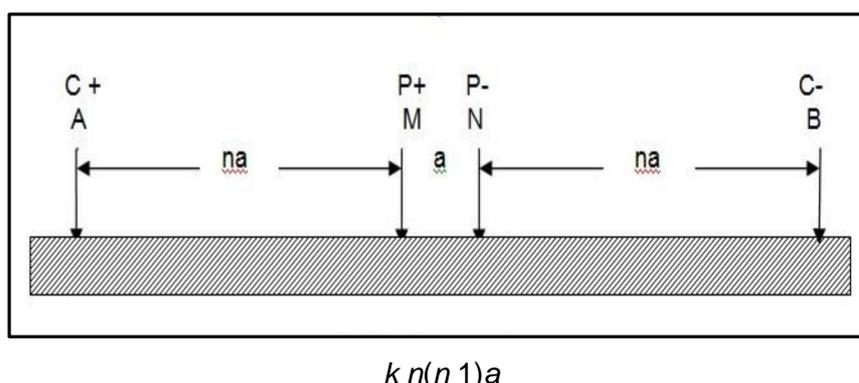


Figura No. 2.2 Configuración eléctrica para un dispositivo Wenner–Schlumberger; k constante del dispositivo para el cálculo de la resistividad aparente.

Fuente: ABEM 2009

El aumento progresivo de la distancia de los electrodos de corriente permite una mayor penetración en el subsuelo, de tal forma que mientras más rango de profundidad se necesite, más distancia deben separarse los electrodos externos (A, B). Al ser un dispositivo simétrico es más fiable a la hora de determinar estructuras horizontales que de resolver estructuras verticales. Otra propiedad es que dada la intensidad de su señal, esta configuración permite la investigación del subsuelo en terreno con fuerte ruido ambiental, puesto que la fuerza de la señal es inversamente proporcional al factor geométrico k . (Figura No.2.2 y 2.3).

El estudio de los deslizamientos comporta el empleo de todo tipo de técnicas multidisciplinarias como métodos observacionales, investigaciones geotécnicas y prospecciones geofísicas. En particular, se está valorando el uso de la tomografía eléctrica como método útil para obtener información en un deslizamiento.

El resultado finalmente es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad eléctrica real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos.

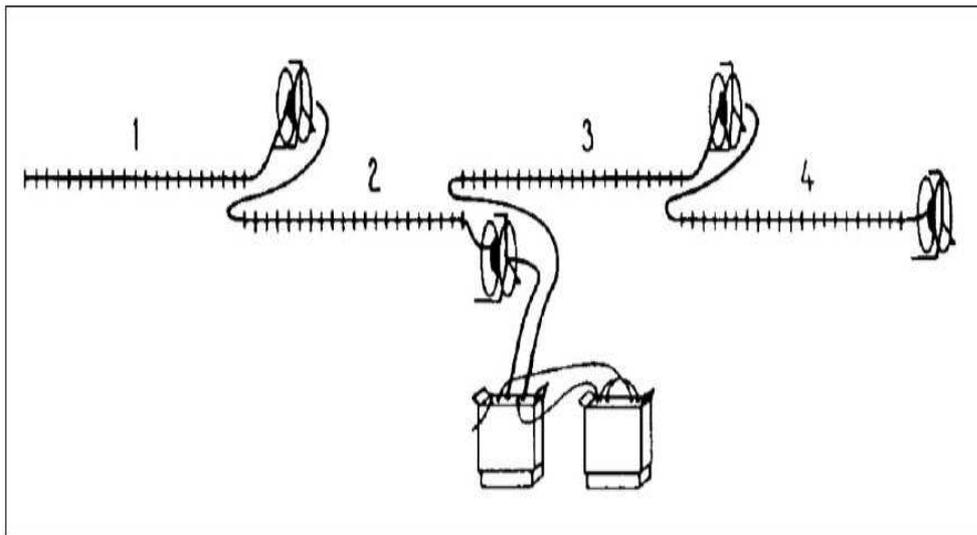


Figura No. 2.3 Esquema de conexión del equipo de tomografía eléctrica en un estudio de resistividad en 2-D.

Fuente: ABEM 2009.

2.3.4 Ensayos de laboratorio.

Al comenzar muchos análisis en ingeniería geotécnica, es necesario realizar una serie de cálculos simples que se interrelacionan, así partimos de los ensayos de contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y granulometría utilizando la norma ASTM (Tabla No.2.3).

Los límites de Atterberg, nos permiten determinar la presencia de arcillas plásticas y la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de expansión e intuir la permeabilidad.

Tabla No. 2.3 Normas aplicadas en el estudio de mecánica de suelos

ORD.	ENSAYO	NORMA	OBJETO
1	Contenido de humedad	ASTM 2216	Se realiza con el fin de obtener el contenido de humedad de los suelos, para explicar los cambios de volumen de los suelos y la cohesión.
2	Límite líquido	ASTM D 4318 – 00	El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.
3	Límite plástico	ASTM D 4318 – 00	Es la humedad más baja con la que puede formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen.
4	Índice de plasticidad		Se calcula conociendo el límite líquido y el límite plástico
5	Granulometría	ASTM D 422 -00	Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo muy importante en la clasificación SUCS, y su distribución está relacionada con la resistencia al corte y la permeabilidad.

Fuente: El Autor.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Documentación y validación de la información existente.

Es la primera etapa y la más importante, y consiste en la recopilación de estudios anteriores de la zona o región, éste análisis permitirá ahorrar esfuerzos económicos y conocer las principales características de la zona.

Para la zona de estudio se cuenta con información de geología regional correspondiente a la hoja geológica de Gonzanamá, escala 1:50000 según J.B. Kennerley (1975), Estratigrafía y geodinámica de las cuencas Neógenas de los Andes, Sur del Ecuador realizado por Hungerbuhler et al... (2002) y tesis de pregrado de la titulación de Geología y Minas de la Universidad Técnica Particular de Loja, realizados en la cuenca sedimentaria de Malacatos-Vilcabamba.

3.2 Investigación de campo.

Los trabajos de campo permiten obtener información detallada de la zona a investigarse, que son la base fundamental para llevar a cabo posteriores trabajos de levantamiento de datos, los mismos que consisten en:

3.2.1 Levantamiento topográfico.

Al no contar con una topografía a detalle, se procedió a realizar el levantamiento topográfico de la zona de investigación, con la ayuda de la estación total SOKKIA 520K.

El levantamiento se realizó a partir de una estación base (PP), y una estación de referencia de coordenadas tomadas con un navegador GPS (Magellan). A partir de los puntos de referencia se procede a levantar la mayor cantidad de puntos desde las estaciones, además para contrarrestar la dificultad visual, accidentes topográficos y presencia de vegetación se ubicó veinte estaciones auxiliares de tal forma que se las pueda geo-referenciar en forma consecutiva con la estación principal PP, mediante el protocolo de vista atrás. Los datos obtenidos son coordenadas, altura, número de punto y referencia, que posteriormente son interpolados con el software ArcGis, para obtener las respectivas curvas de nivel con una base topográfica a escala 1:1000 escala de trabajo (1:1500 escala de impresión) (Figura No.3.2).



Figura No. 3.1 Levantamiento topográfico con estación total.

Fuente: El Autor.

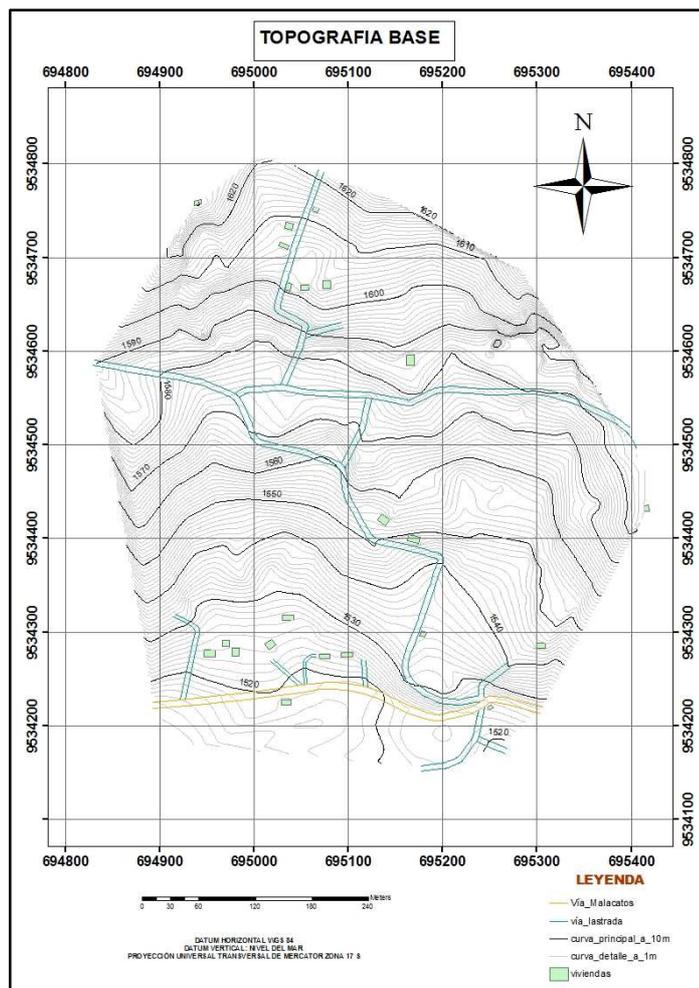


Figura No. 3.2 Mapa topográfico de la zona de estudio.

Fuente: El Autor.

3.2.2 Levantamiento geológico estructural.

Para realizar el levantamiento geológico, se utilizó la base topográfica de la zona de estudio a escala 1:1000 escala de trabajo, (1:1500 escala de impresión) y documentación existente de la geología regional (según Hungerbühler 2002) y estudios previos realizados en la cuenca sedimentaria de Malacatos.

El levantamiento geológico consistió en realizar una descripción de los afloramientos existentes tanto naturales como artificiales con una descripción visual de la litología, medición de potencia de los estratos y toma de datos estructurales así como su grado de meteorización y diaclasamiento con la respectiva georeferenciación de cada punto levantado, toda esta información se detalla en la libreta de campo y base topográfica. Para lo cual se utiliza el equipo geológico de campo y donde es necesario se procede a la toma de una muestra representativa para su posterior análisis de laboratorio.

Las formaciones geológicas y su distribución espacial se establecen a partir de la litología, origen y características geológicas de los materiales. Según la escala del mapa y los datos disponibles, éstas se definen con distinto grado de homogeneidad. Una vez definido los contactos y datos estructurales se dibujan en el mapa geológico ayudado de la base topográfica, toda esta información se procesa con ayuda de software ArcGis, y con los respectivos cortes geológicos.



Figura No. 3.3 Afloramiento natural para descripción geológica.

Fuente: El Autor.

3.2.3 Muestreo de suelos.

El muestreo de suelos y su posterior análisis pretende conocer las propiedades de los mismos, con la finalidad de hacer una correlación posterior con los datos de la geología obtenida en campo, los ensayos de la clasificación SUCS realizados son: contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg.

En la zona de estudio se procedió a tomar once muestras, ubicadas estratégicamente dentro de toda el área del deslizamiento y fuera de ella, las muestras fueron obtenidas a diferente profundidad, para luego ser colocadas en fundas debidamente etiquetadas mismas que cumplan con la normativa para el ingreso a laboratorio

3.2.4 Ensayos de tomografía eléctrica.

Dentro de los objetivos tanto general como específico, en la presente investigación se plantea la aplicación de la tomografía eléctrica como método para el reconocimiento del movimiento de ladera, es decir conocer las resistividades del subsuelo, con el objeto de determinar la presencia de acumulaciones de agua subterránea, conocer la estratigrafía delimitar el plano de rotura del deslizamiento, en consecuencia se procede a seleccionar los lineamientos de los perfiles tomando en consideración las condiciones geológicas, y morfología de los movimientos en el área.

Para la obtención de la resistividad se procedió a levantar mediante líneas resistivas ubicados en sentido longitudinal y perpendicular a la dirección del deslizamiento para esto se clavó electrodos en el suelo mediante la configuración Wenner–Schlumberguer, dipolo-dipolo uno de los más utilizados en hidrogeología.

Las lecturas y mediciones se realizaron utilizando el Terrámetro SAS 4000 (Figura No.3.4), en líneas con extensiones entre 400 m. (perfiles A, B, D), y 500 m (perfil C). Además se considera parte del equipo el sistema LUND multi electrodo como unidad básica, en el cual van conectados los cables de las unidades de salida hacia los electrodos.

El protocolo a seguir para las mediciones en 2D, o, 3D en el equipo es relativamente fácil, partiendo de las observaciones realizadas en campo, dónde se define la longitud y posible profundidad de la investigación, los datos son almacenados en el equipo para el tratamiento posterior con el software RES2 DINV, en donde obtenemos los datos de resistividad de las diferentes capas del subsuelo.



Figura No. 3.4 Equipo de tomografía eléctrica SAS 4000 para mediciones de resistividad eléctrica en suelo.

Fuente: El Autor.

3.3 Caracterización del deslizamiento de la zona de Malacatos.

Se efectuó un análisis de la masa deslizada y zonas colindantes a fin de poder clasificar el tipo de movimiento y deducir los factores causantes del deslizamiento, para posteriormente evaluar por diferentes métodos los parámetros resistentes bajo los cuales se produjo la rotura. Se ha utilizado por un lado los criterios de rotura empíricos de Barton y Choubey a partir de los cuáles se define una curva de rotura del tipo Mohr-Coulomb. Por otro lado se determina la geología local, estratigrafía y estructuras presentes, así como posibles fenómenos actuantes y desencadenantes del movimiento de ladera.

Para poder clasificar el movimiento siguiendo los criterios de Varnes (1978), se debe definir. Tipo de material afectado, la magnitud y orientación del movimiento y la geometría de la superficie de rotura.

El deslizamiento está ubicado sobre rocas sedimentarias de la Formación Santo Domingo (arcillas, areniscas, conglomerado fino). Al Este, el movimiento se presenta activo, y es más notorio su movimiento en época invernal en donde el agua actúa de lubricante de las arcillas, la dirección preferente del movimiento es al Sur, ensanchándose progresivamente cuesta abajo, tiene una longitud de 486 m. Los principales factores condicionantes se atribuyen al

terreno de material plástico débil, material meteorizado, material fisurado o agrietado, contraste en permeabilidad de materiales, lluvias e irrigación. Entre los factores detonantes tenemos, mantenimiento deficiente del drenaje, escapes de agua de tubería, deforestación o ausencia de vegetación, los principales daños causados por este movimiento constituyen la red vial, caracterizada como moderada, y daños a viviendas ubicadas al pie del mismo.

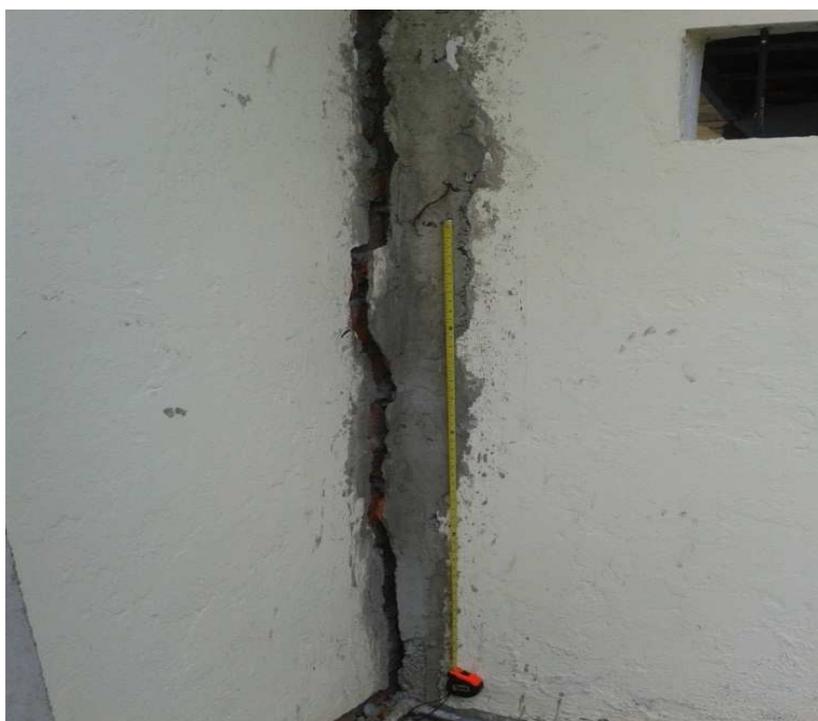


Figura No. 3.5 Daños producidos por el deslizamiento en una vivienda, al oeste del polígono.

Fuente. El Autor.

Si miramos al Oeste del polígono, evidenciamos la morfología de la parte más activa del deslizamiento, en forma de lengua más o menos simétrica, por observaciones consecutivas se puede predecir un movimiento lento, reactivado por temporal invernal, constituido de material de alta plasticidad, tiene una longitud de 602 m, presenta una deformación del terreno ondulada media. Los factores condicionantes del movimiento son: material plástico débil, material meteorizado, fisurado, agrietado, contraste en permeabilidad de materiales, lluvias, irrigación. Entre los factores detonantes se puede ver, mantenimiento deficiente del drenaje, escapes de agua de las tuberías, deforestación y ausencia de vegetación, más bien el suelo se halla cubierto en su totalidad por pasto o cultivos temporales.

La parte céntrica del mismo se encuentra en estado latente que pueden desencadenar en cualquier momento si cambian las condiciones hidrológicas y/o aumento de carga, ha producido daños a infraestructuras de viviendas (Figura No.3.5), daños a la red vial principal y daños ambientales moderados.

3.4 Trabajos de laboratorio.

3.4.1 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

Los ensayos de mecánica de suelos están orientados a conocer las propiedades geotécnicas de los materiales, parámetros necesarios para la caracterización de los suelos, el mismo que se realizó según las normas ASTM.

a) Análisis granulométrico. (Norma ASTM D 422-00).



Figura No 3.6 Equipo para ensayo de granulometría.
Fuente: El Autor.

b) Contenido de humedad. (Norma ASTM 2216).



Figura No.3.7 Envases para ensayo de contenido de humedad.

Fuente: El Autor.

c) Límites de Atterberg. (Norma ASTM D 4318-00).



Figura No. 3.8 Ensayo de límites de Atterberg.

Fuente: El Autor.

Tabla No. 3.1 Resultados obtenidos en laboratorio.

Nro. Muestra	Coord. X	Coord. Y	Profundidad m	Humedad %	LL	LP	IP	SUCS
M01	695246	9534390	1,50	15	51	21	30	CH
M02	695299	9534353	1	22	75	38	37	MH
M03	695257	9534460	1	17	59	27	32	CH
M04	695164	9534389	1,50	11	33	18	15	CL
M05	695061	9534430	1	21	54	17	37	CH
M06	695114	9534496	2	12	81	20	61	CH
M07	694990	9534480	1,50	12	59	24	35	CH
M08	694896	9534480	1	33	63	29	34	CH
M09	695264	9534596	2,50	17	42	18	24	CL
M10	695138	9534578	1,50	17				SC
M11	694947	9534674	1,50	9	56	21	35	CH

Fuente: El Autor.

3.4.2 Interpretación de datos.

En este apartado se procede a interpretar la información proveniente de campo, como de los ensayos realizados en laboratorio, siguiendo una secuencia, según se vayan realizando, así se generó en primera instancia el mapa topográfico, seguidamente sobre esta base se correlacionó los datos de campo obtenidos del levantamiento geológico para desarrollar un mapa que contemple toda esta información litológica y estructural del área. Siempre en el desarrollo de estas actividades se apoya en varios software, los mismos que facilitan el trabajo y la interpretación generando un alto grado de precisión en los resultados obtenidos y dando un grado de confiabilidad muy alto. Las etapas ejecutadas durante el presente trabajo se resumen en la siguiente tabla (Tabla No.3.2).

Tabla No 3.2 Trabajos de gabinete y etapas.

ETAPA	FINALIDAD	SOFTWARE UTILIZADO
Topografía	Obtención de datos en campo para generar la base topográfica sobre la cual se colocaran los resultados posteriores.	Microsoft Excel Arc Map 9.3
Geología	Importar los datos de campo para general el modelo digital geológico.	Microsoft Excel ArcGis 9.3
Geofísica	Obtención de las resistividades del suelo para generar un modelo en 2D.	SAS 4000 ABEM RES2DINV
Clasificación de suelos	Obtención de parámetros para clasificación de suelos y relacionarle con la geología de superficie.	Microsoft Excel Microsoft Word
Informe y mapa final	Se plasma todos los resultados obtenidos como resultado de las investigaciones de campo y su procesamiento de laboratorio.	Microsoft Excel Microsoft Word Paint Bloc de notas.

Fuente: El Autor.

CAPITULO IV

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Geología local.

Realizando el mapeo geológico a detalle del área de estudio, se pudo evidenciar cuatro litologías correspondientes, arcillas café clara a rojiza, arcillas gris clara y lentes de conglomerado fino, areniscas calcáreas y finalmente una capa de coluvios, diferenciadas claramente una de otra.

De la información obtenida respecto al área de estudio, geológicamente se encuentra ubicada dentro de la Formación Santo Domingo de edad Miocénica (Hunguerbürguer et al 2002).

4.1.1 Arcilla café clara a rojiza.

Aflora principalmente en la parte baja (sector sur este y sur oeste) del polígono, unidad litológica que está compuesta por una sucesión de capas intercaladas en secuencia de arcilla café claro, arenisca amarillenta, arcilla gris clara, arcilla con vetillas de oxidaciones y yeso (Figura No.4.1).



Figura No. 4.1 Arcillas café claro a rojizas (694913-9534606).

Fuente: El Autor.

En general se encuentran altamente fracturadas, en estado seco se disgregan por los planos de fracturas en forma de pequeños gránulos, evidenciándose claramente los planos de fractura; presentan vetas de yeso que van desde los 5 cm en la parte basal mapeada y disminuyen su espesor según el cambio de facies de sedimentación hacia las más jóvenes.

Otra característica de la unidad, es la presencia de carbonatos en las arcillas en forma focalizada, como productos de lixiviación y disminuye su contenido hacia las más antiguas. En afloramientos antrópicos sin efectos del deslizamiento se tiene buzamientos que van desde los 20°, 50° y 75° y azimuts de buzamientos entre 30°, 72° y 95°. Aunque en algunos sitios dentro de los escarpes secundarios del deslizamiento observamos rumbos y ángulos diferentes.

Las arcillas presentan sedimentación en finas capas o láminas con intercalaciones de arenisca amarillenta y gran cantidad de vetillas de oxidación, sobre puesta se encuentra capas de arenisca amarillenta, con potencias entre 0,50 y 70 cm. Los tamaños de granos son más o menos uniformes puede presentar cantos de tobas, esquistos. Sobre esta encontramos capas de arcilla café clara muy fracturada dónde se puede observar laminaciones en su contexto tiene una potencia de 5 m. y las vetillas de yeso son muy finas y en su mayoría solo rellenan fracturas. Se clasifican según la norma SUCS como (CH), arcillas inorgánicas de alta plasticidad y según la norma AASHTO como A-7-6.

4.1.2 Arcilla de color gris claro.

Ubicado en la parte alta del polígono (Figura No.4.2), se encuentran altamente fracturado y con intercalaciones de capas de areniscas amarillentas de 50 a 70 cm.

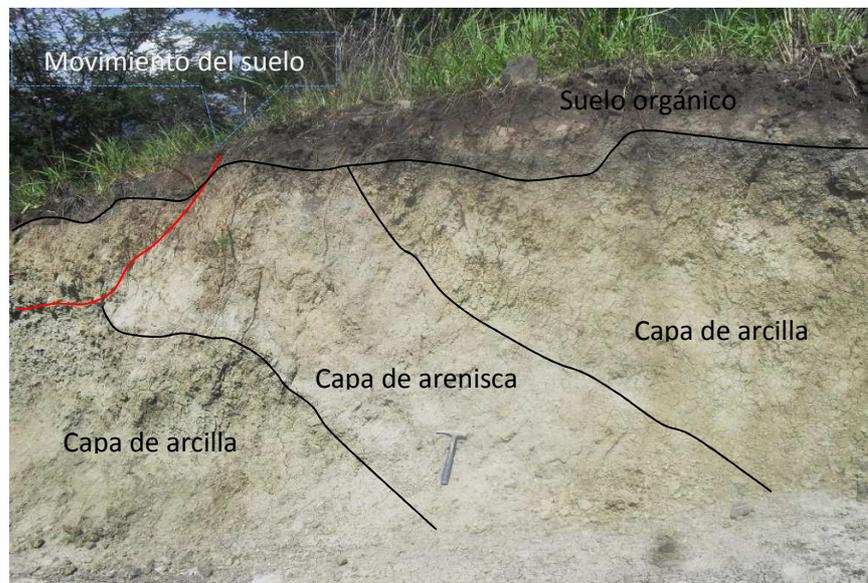


Figura No. 4.2 Afloramiento arcillas gris claro, sector noreste.

Fuente: El Autor.

Su principal característica es la variación de su coloración, varía de gris claro a ligeramente verdosa, se observan en algunos afloramientos carbonato lixiviado como relleno de fracturas de las arcillas y entre vetillas de oxidación, algunos afloramientos de arcilla presentan un sistema moteado de acumulaciones de carbonato y casi todas las muestras aplicadas ácido clorhídrico al 10% reaccionan.

Sus potencias varían de 1 a 4 m y tienen un buzamiento entre 22 y 36° con azimut de buzamiento entre 75 y 109°, y, casi todos los afloramientos se encuentran en sitios en donde el deslizamiento no ha tenido acción. Corresponde según la norma SUCS como suelos tipo (CL), arcillas inorgánicas de plasticidad media y AASHTO como A-7-6.

Presenta lentes de conglomerado fino a medio de matriz areno limosa (Figura No.4.3), con potencias de 3m en el noreste y al este 2m, el mismo presenta cantos de rocas volcánicas y metamórficas (tobas, filitas, cuarzo, brechas) con tamaños de clastos que van de 0,5 cm a 15 cm de diámetro. Los cantos de tamaños grandes se ubican en el piso del estrato y los cantos más pequeños en el techo del mismo con un cambio gradual, el buzamiento esta entre 36 a 22° y un azimut de buzamiento de entre 38 a 46°.



Figura No. 4.3 Afloramiento de conglomerado.

Fuente: El Autor.

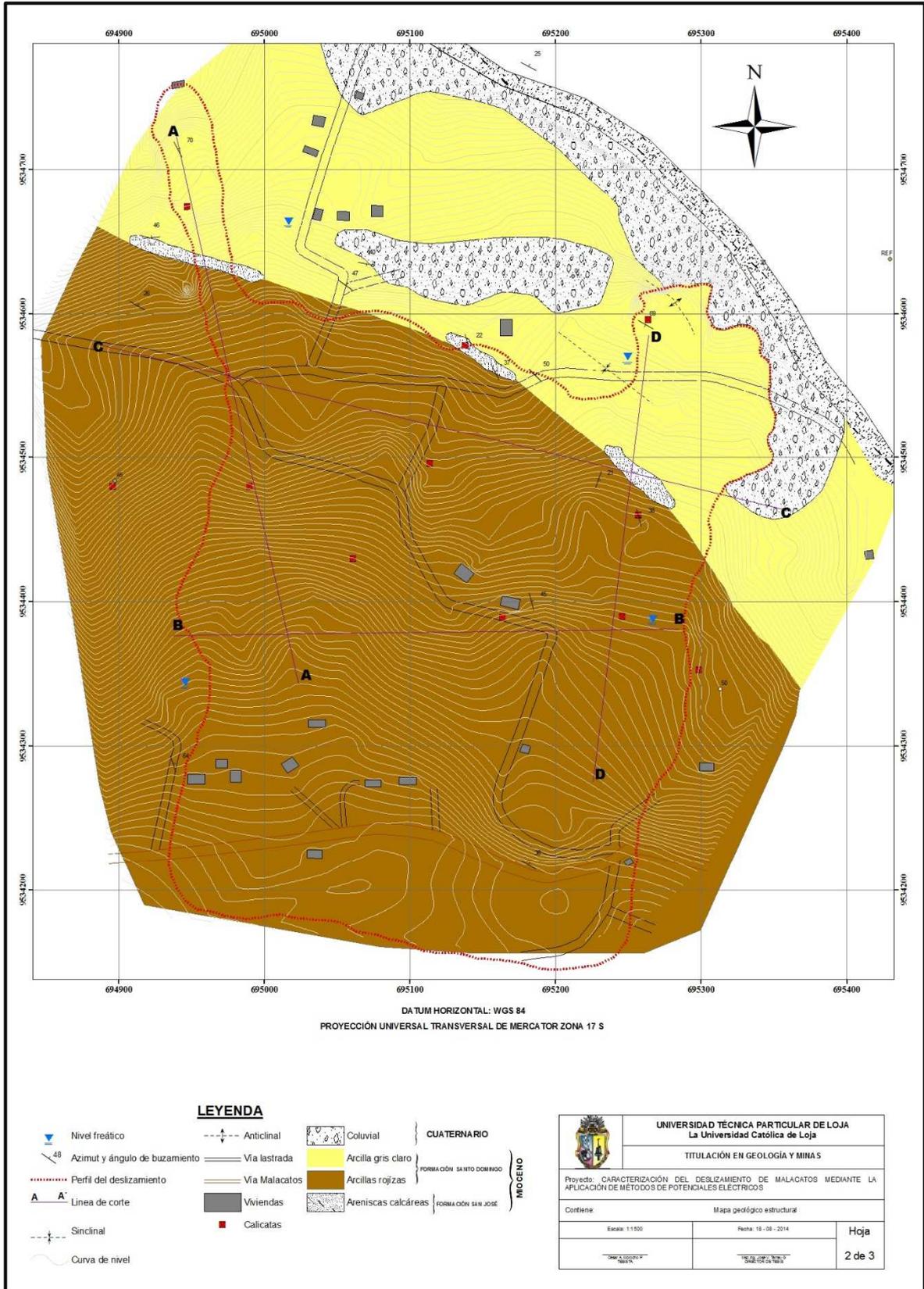


Figura No. 4.4 Mapa geológico de la zona de estudio, polígono Malacatos.

Fuente: El Autor.

4.1.3 Areniscas calcáreas.

Constituye la parte más alta de polígono, se observan dispuestos en un farallón (Figura No.4.5), con buzamientos que van de 30° hasta 35°, y, un azimut de 30 a 44°, areniscas muy características por reaccionar al contacto de HCl, presentan cantos de rocas volcánicas (tobas, granitos) en tamaños de 1 a 5 mm de diámetro y muy resistentes al impacto del martillo, se observan que su proceso erosivo es por caída de bloques por planos de debilidad o fracturas.



Figura No.4.5 Areniscas calcáreas polígono Malacatos.

Fuente: El Autor.

4.1.4 Coluvios.

Este tipo de materiales son provenientes de la parte alta del polígono (Figura No.4.6), está compuesto por cantos de areniscas calcáreas de tamaños que van de 15 cm a 2 m de diámetro totalmente desordenados, una matriz cementante de arcillas, limos y materia orgánica. En el sector Noreste del área de estudio encontramos coluvios con alto contenido de carbonato que le dan una coloración blanca y los cantos son muy angulosos y resistentes de arenisca calcárea, se encuentran soportados por arenas y limos con lixiviación de carbonato. El mapa geológico realizado a escala de trabajo 1:1000 y escala de impresión 1:1500 muestra cómo se encuentra distribuida la litología del área de estudio (Figura No. 4.4).



Figura No. 4.6 Coluvios noreste polígono Malacatos.

Fuente: El Autor.

4.1.5 Estructuras.

Después del análisis realizado de los elementos estructurales encontrados dentro del polígono se puede evidenciar la presencia de dos estructuras importantes que son; un anticlinal y un sinclinal (figura No.4.4), presentes en la parte norte del polígono cercanas a la cuchilla de areniscas calcáreas, en razón de no haber encontrado más evidencia se atribuyen a esfuerzos de compresión generados al mismo tiempo de producirse la falla que cruza muy cercana al sector.

4.1.6 Niveles freáticos.

Existe presencia de niveles freáticos superficiales en el sector, atribuidos a la climatología estacional y por sobre flujo de las áreas que se encuentran bajo riego. Estos niveles freáticos contribuyen a generar desestabilización en los flancos de los deslizamientos (haciendo de lubricantes) lo que sería un factor desencadenante del movimiento de ladera. En algunos sectores ya se han aplicados drenes abiertos, pero que no han sido efectivos para el desagüe y la desecación total de los suelos, ya que existen aportes constantes desde la parte alta del polígono (zona de coluvios) en donde se realiza prácticas agrícolas anti-técnicas.



Figura No. 4.7 Dren realizado en un acuífero.

Fuente: El Autor.

4.2 Muestreo y ensayos de suelos.

El muestreo de los suelos se lo realizó con la finalidad de determinar la tipología mediante la clasificación SUCS, de los ensayos realizados en los diferentes puntos de muestreo, se obtuvo los siguientes tipos de suelos (Figura No.4.8 y Tabla No.4.1). Suelos clasificados como CH, (arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas) y según la norma AASHTO corresponden A-7-6. Este tipo de suelos se extiende desde el borde occidental hasta la zona central del área de estudio y forma parte del área deslizada, el mismo que está relacionado con la descripción geológica.

En la parte medía del polígono, se encuentra lentes de conglomerado cuya clasificación se la realizo a la matriz del mismo y según norma SUCS corresponden a SC (arenas arcillosas).

Hacia el norte del polígono luego de la clasificación correspondiente se ha encontrado un suelo tipo CH (arcillas inorgánicas de alta plasticidad) y CL (arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad).

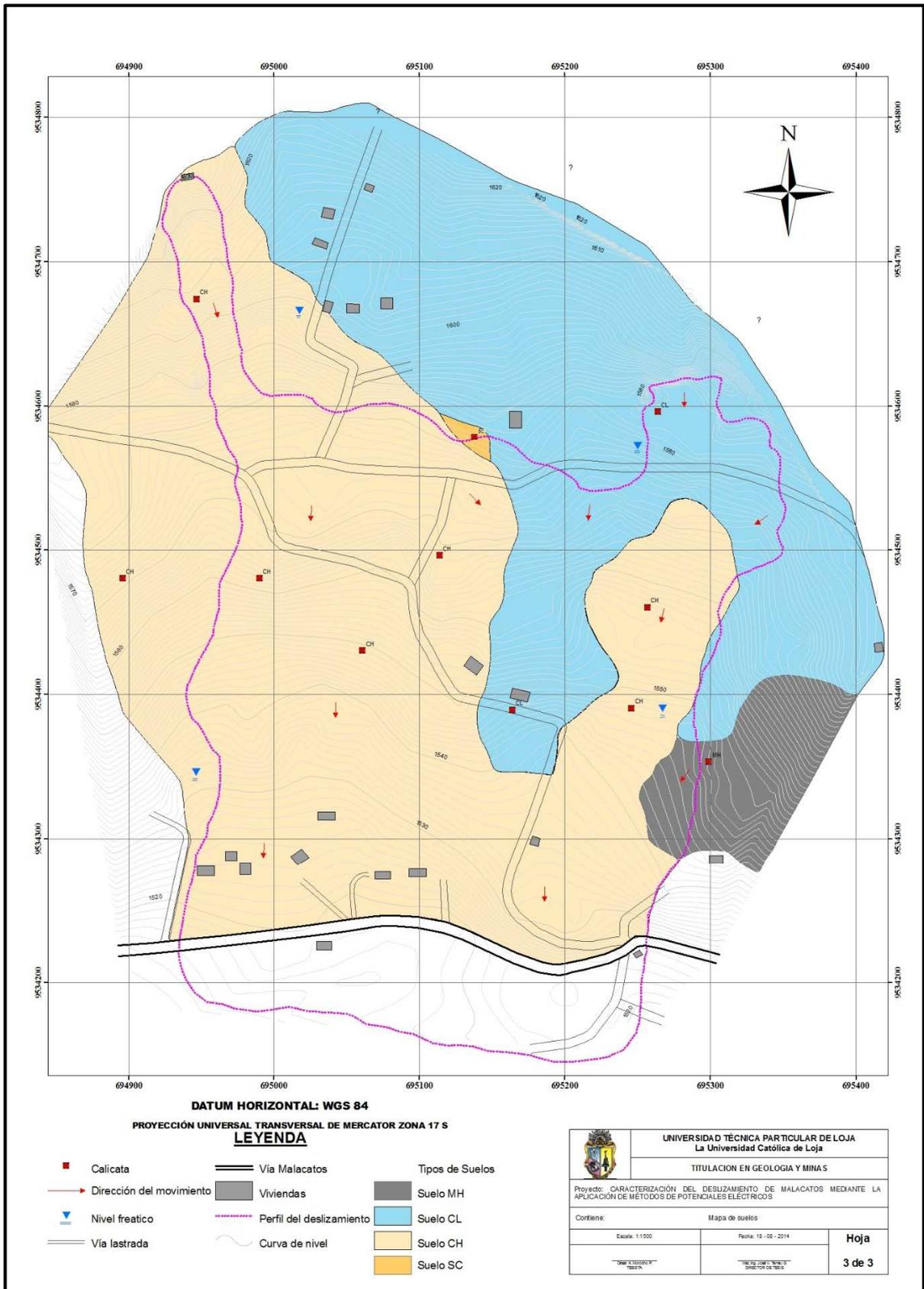


Figura No. 4.8 Mapa de correlación ensayos de suelos.

Fuente: El Autor.

Se ha determinado que en los estratos limosos es donde se da el movimiento de ladera, al tratarse de limos de alta plasticidad y estar fuertemente fracturadas, estas se sobresaturan de agua y pierden los parámetros de resistencia al corte del suelo (cohesión y fricción) y se produce la falla o corte del suelo pendiente abajo. Existen otros factores antrópicos que contribuyen a que el movimiento este activo, el principal constituye el mal uso del sistema de riego y sistemas de almacenamiento de agua (Figura No.4.9).

En la tabla siguiente podemos ver los resultados obtenidos en el laboratorio y la clasificación de los suelos.

Tabla No. 4.1 Características mecánicas de los suelos.

Muestra	Coord. X	Coord. Y	Prof.	Cont.Hume %	SUCS	DESCRIPCIÓN
M01	695246	9534390	1.5	15.41	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas
M02	695299	9534353	1	22.32	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceas, limos elásticos.
M03	695257	9534460	1	17.16	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
M04	695164	9534389	1.5	11.02	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas arenosas, arcillas limosas.
M05	695061	9534430	1	20.75	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
M09	695114	9534496	2	11.83	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
M11	694990	9534480	1.5	11.81	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
M12	694896	9534480	1	33.04	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
M13	695264	9534596	2.5	16.94	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas arenosas, arcillas limosas.
M15	695138	9534578	1.5	17.16	SC	Arenas arcillosas.
M17	694947	9534674	1.5	9.05	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.

Fuente: El Autor.



Figura No. 4.9 Medios antrópicos que están activos en la zona.

Fuente: El Autor.

4.3 Ensayo de tomografía eléctrica.

Una vez concluidas las etapas previas, es decir conocer el contexto geológico estructural, características geotécnicas de los materiales que conforman el polígono de estudio se procede a planificar la ejecución in-situ de los perfiles geo eléctricos.

En el sector se aplicaron 4 líneas de resistividad eléctrica, en función del movimiento de ladera y las condiciones morfológicas del terreno y su facilidad de aplicación en el sitio. Los resultados de la resistividad aparente se obtienen mediante la configuración Wenner-Schlumberger, dipolo–dipolo, estos datos son procesados mediante el software RES2 DINV, a partir de allí ya se obtienen los pseudo perfiles de resistividad del terreno, que posteriormente se correlaciona con los perfiles geológicos, paralelos a las líneas de resistividad eléctrica. (Ver figura No.4.10).

En cada línea se colocaron 77 electrodos con espaciamiento equidistante de 5 m. con las respectivas orientaciones de cada uno, esto es en sentido norte sur para A-A´ y D-D´ y en sentido este–oeste 97 electrodos, para los perfiles B-B´ y C-C´. Mediante el software RES2 DINV se procede hacer la inversión de datos, para obtener un perfil eléctrico-resistivo, luego de la corrección de las diferentes interacciones se logra bajar el error, el mismo que debe ser el más bajo posible pero que no cambie significativamente los datos de resistividad. Con los

datos obtenidos de las diferentes resistividades se hace la correlación con la geología mediante perfiles geo-eléctricos.

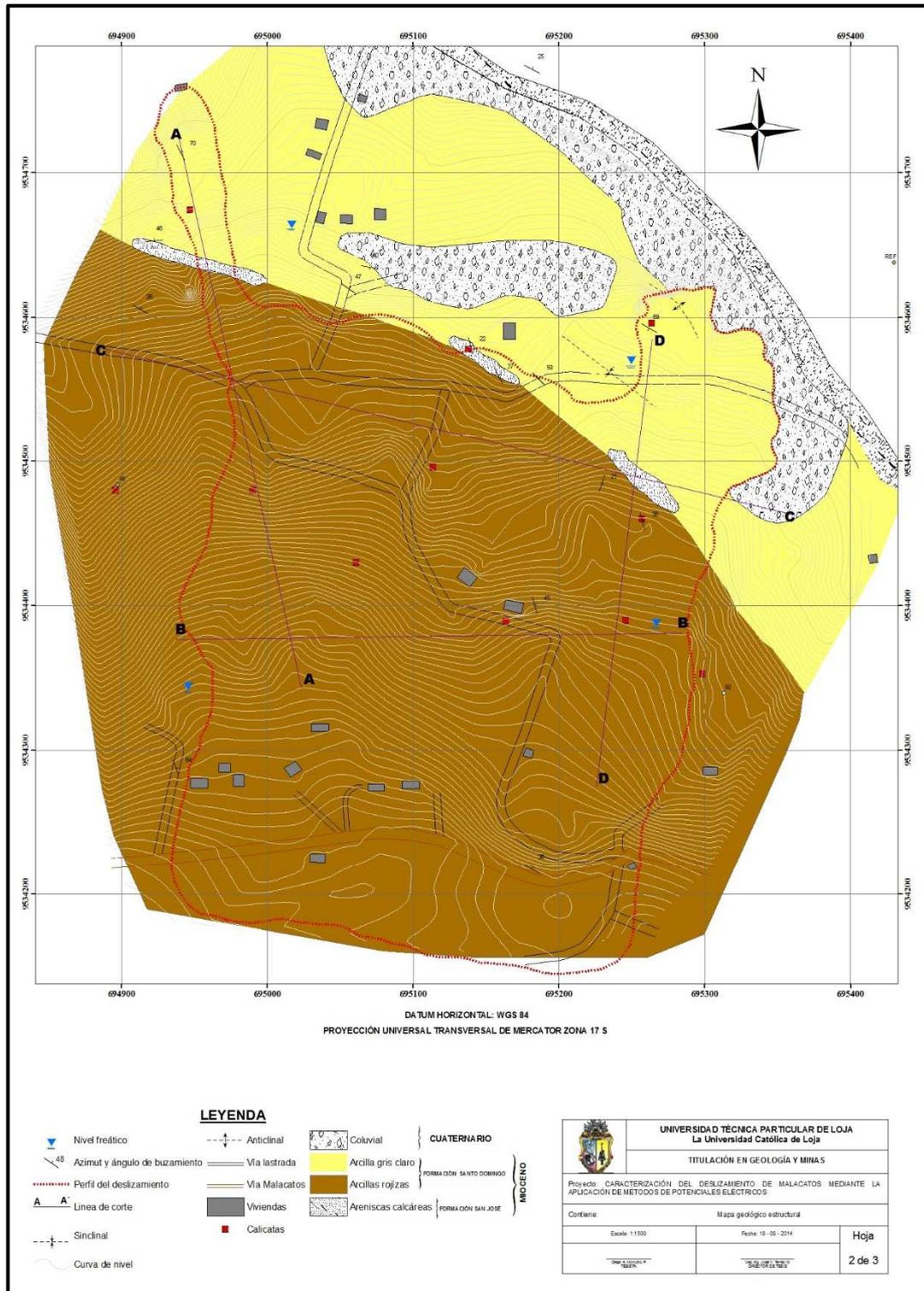


Figura No. 4.10 Distribución de las líneas en el ensayo de tomografía eléctrica.

Fuente: El Autor.

4.3.1 Perfil A-A´.

Este perfil se aplicó sobre el movimiento de ladera con rumbo de 0 grados N-S, en el que se puede determinar lo siguiente.

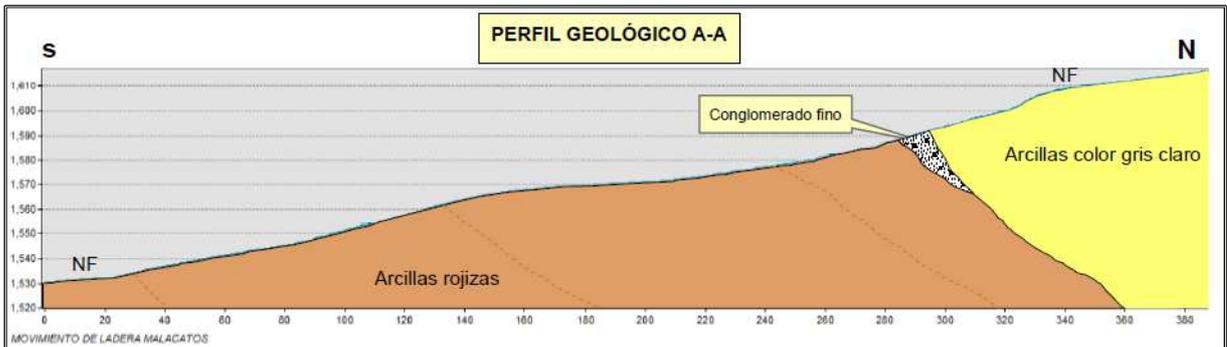


Figura No. 4.11 Perfil Geológico, de la línea A-A´.

Fuente: El Autor.

En lo que corresponde a la parte geológica (Figura No. 4.11), atraviesa dos capas que de norte a sur tenemos; capa de arcillas de coloración gris claro con lentes de conglomerado fino, arcillas de color rojizo. Así mismo luego de los análisis de mecánica de suelos y la correlación de los resultados se tiene suelos tipo CH (arcillas de alta plasticidad). Toda esta información se la correlaciona con los datos obtenidos en los pseudo perfiles generados mediante la aplicación del software RESDIN2 que después de procesado los datos de resistividad eléctrica obtenemos (Figura No.4.12).

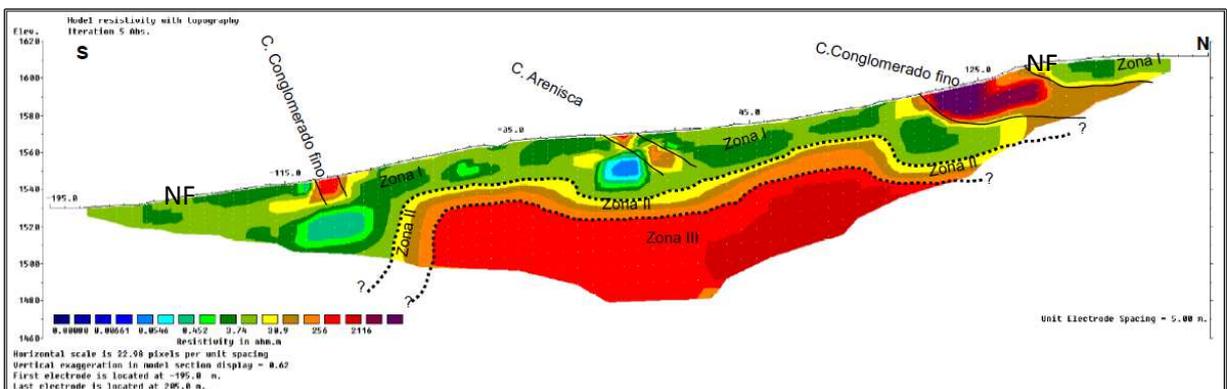


Figura No. 4.12 Perfil de resistividad eléctrica en la línea A-A´.

Fuente: El Autor.

La **zona I**, Presenta las resistividades más bajas 0,452 a 3.74 Ω .m que corresponden a materiales de la zona. En términos generales y en concordancia con la geología local se trata de arcillas y limos que presentan baja resistividad al estar sobresaturados, esto se corrobora ya que en zonas cercanas afloran niveles freáticos superficiales.

Los materiales movidos por efecto del deslizamiento, constituyen principalmente suelos de grano fino, muy heterogéneos como arcillas y limos, areniscas, y coluvios propios de la zona, no obstante el cambio en las resistividades, se da por la presencia de cambios litológicos de capas de arcillas deshidratadas y capas de conglomerado que aún permanecen como remanentes e indicadores de la disposición litológica inicial, a lo largo de la superficie del movimiento. También se puede apreciar que el circo del movimiento de ladera no es regular, y más bien tiene una forma sinuosa, esto se atribuye a las diferentes capas litológicas existentes (relación permeabilidad-buzamiento).

La **zona II**, (3.74 a 30,90 Ω .m) corresponde a arcillas y limos en estado natural, se la considera un área de transición entre el movimiento y la parte litológica firme en donde poco o nada ha actuado el deslizamiento, constituida por arcillas y limos en estado natural.

La **zona III**, corresponde a roca en estado natural sin encontrarse afectada por el agua superficial, determinados a partir de los valores de resistividad superiores a 30.90 Ω .m en concordancia a los valores de resistividad y de los materiales que afloran en superficie se trata de arenas y gravas, areniscas gruesas en estado seco.

4.3.2 Perfil B-B´.

Se ubica al sur del polígono muy cerca al pie del deslizamiento, tiene una dirección oeste-este; geológicamente en toda su extensión está compuesto de arcillas de coloración rojiza (Figura No.4.13), clasificada como CH-CL (arcillas de alta plasticidad y arcillas de baja plasticidad, (ver anexo Hoja 3 de 3), según la norma SUCS.

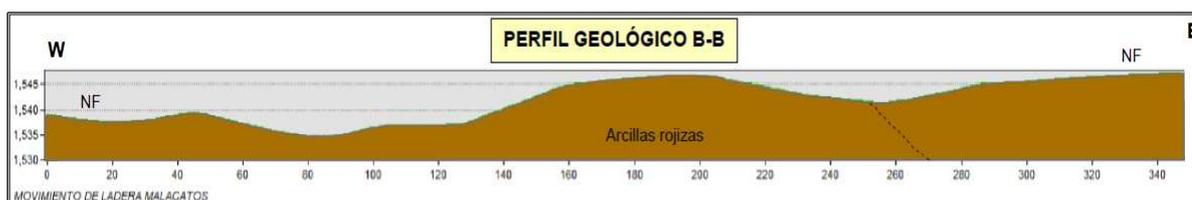


Figura No. 4.13. Perfil Geológico, de la línea B-B´.

Fuente: El Autor.

Así mismo en función de los datos de resistividad eléctrica se clasifica por zonas (FiguraNo.4.14).

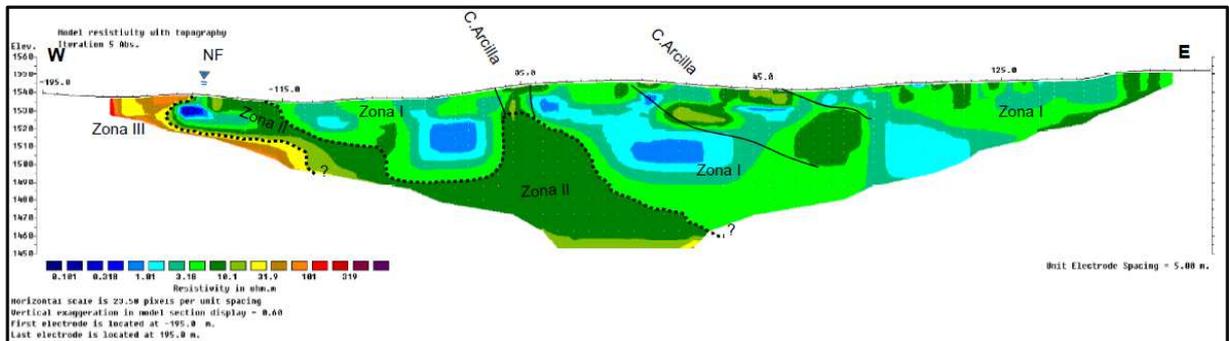


Figura No. 4.14 Perfil con resistividades eléctricas de la línea B-B´.

FUENTE: El Autor.

Zona I, comprende la zona saturada en el sector oeste y centro del perfil ubicado en la zona caótica dentro del deslizamiento corresponde a toda la masa que se está moviendo producto del deslizamiento, compuesta por arcillas y limos según los datos geológicos, los valores de resistividad van de 0,318 a 3,18 Ω .m. que están dentro de los rangos de la litología descrita y los resultados de Mecánica de Suelos realizada en el área.

Se observa también la presencia de dos capas de arcilla seca que aflora a la superficie dentro de la zona movida cuyos buzamientos no se corresponde a la litología intacta, han sido movidos por el flanco este del deslizamiento

Zona II, corresponde a la zona entre 10,1 a 31,9 Ω .m resistividad que se enmarca dentro de arcillas y limos en donde poco ha tenido influencia el agua, se asocian a los datos de la geología de campo y los ensayos de SUCS.

Al oeste del perfil tenemos una zona de baja resistividad, zona saturada por el agua que se infiltran a lo largo del deslizamiento.

c) Zona III, se muestra en el sector oeste del perfil con resistividades superiores a 31,9 Ω .m. que corresponden según los datos geológicos y de resistividad a areniscas con un buen porcentaje en contenido de agua, esto se puede prever también debido a la cercanía al acuífero superficial.

4.3.3 Perfil C-C´.

Para realizar una mejor interpretación de los resultados, y comprobar la profundidad de la superficie de rotura en cabeza se realiza una línea oeste-este, el mismo que nos da los siguientes resultados (Figura No.4.15).

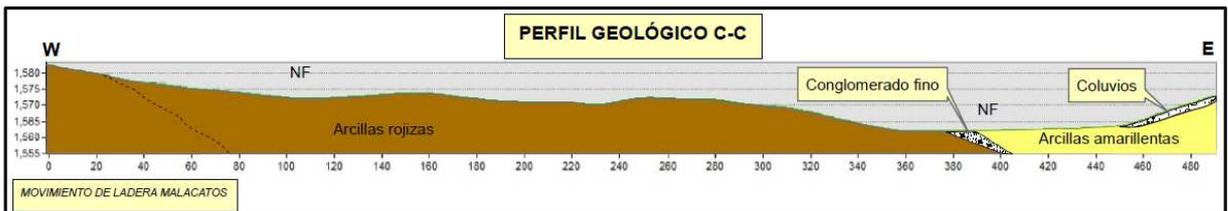


Figura No. 4.15 Perfil Geológico, en la línea C-C´.

FUENTE: El Autor.

Al realizar el perfil geológico podemos diferenciar claramente la siguiente litología; arcilla rojiza, conglomerado-arcilla gris clara; y en la parte este se encuentra cubierto por una capa de coluvios, cambios litológicos que se evidencian claramente en el perfil de suelos, en donde se tiene materiales en intervalos CH, CL, CH, CL en analogía a la geología de campo. Para analizar el perfil geo-eléctrico (Figura No.4.16) y siguiendo el procedimiento anterior, se lo hace a partir de resistividades:

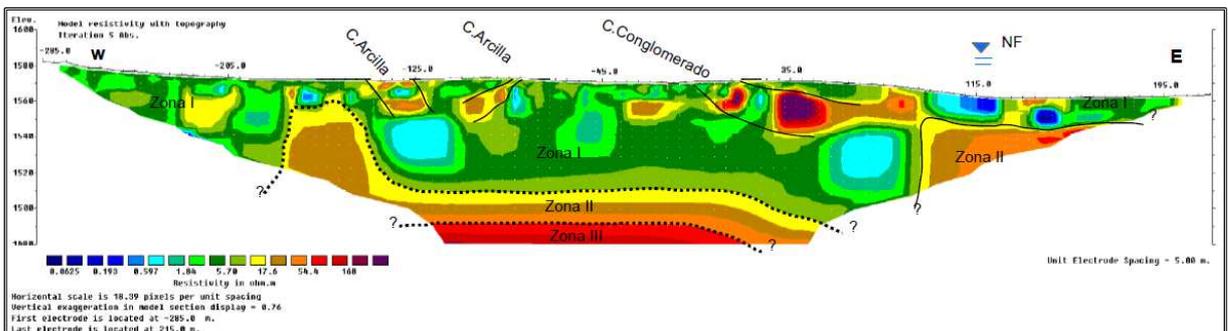


Figura No. 4.16 Perfil geo eléctrico con resistividades eléctricas de la línea C-C´.

Fuente: El Autor.

La **zona I**, está compuesta por una amalgama de materiales, como arcillas y limos, con resistividades comprendidas entre 0,193 a 5,70 Ω .m. constituida de arcillas y limos, capa de

conglomerado, abarca en superficie todo el ancho del movimiento y se puede apreciar claramente la profundidad del deslizamiento.

Se enmarcan algunas capas que han sido arrancadas de su dirección y buzamiento original tomando nuevos rumbos, debido al movimiento de la masa de suelo, materiales altamente saturados.

Al este se enmarca suelos con bajas resistividades debido a que perpendicularmente (de norte a sur) cruza un canal de desagüe que sobresatura los materiales a su paso.

La **zona II**, conforma la secuencia sedimentaria inalterada en donde no hay presencia de agua meteórica ni de actividades antrópicas, cuya resistividad es entre 5,70 a 54.4 Ω .m. y corresponde a capas de areniscas, arcillas y limos dispuestos aparentemente en forma horizontal debido a que buzanan hacia el norte, noreste.

La **zona III**, constituye la parte basal del perfil cuyas resistividades son superiores a 54,5 Ω m., que se corresponde a capas de grabas y arenas compactas, y se correlacionan en superficie con capas de arenisca y los lentes de conglomerado fino.

4.3.4 Perfil D-D´.

Finalmente, se presenta el perfil ubicado al este del polígono, en la zona de mayor actividad del deslizamiento, la tomografía eléctrica permitió obtener el modelo y el volumen de la masa deslizante sobre la roca consolidada.

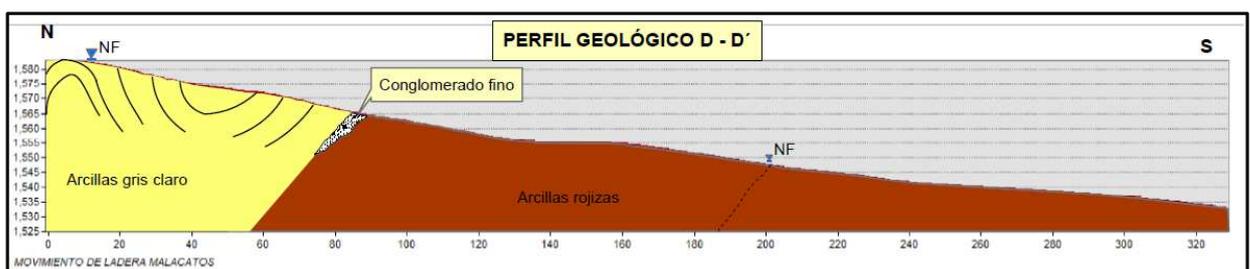


Figura No. 4.17 Perfil Geológico, en la línea D-D´.

FUENTE: El Autor.

Al norte del perfil se encuentra plegamientos, como se muestra en la Figura No.4.17 intercalación de capas de arenisca gris clara formando los flancos de los pliegues, encontrándose dos niveles freáticos muy cercanos al lineamiento del perfil. Por el Sur tenemos

arcillas rojizas que hace contacto por el techo con una capa de arcillas gris clara con lentes de conglomerado.

Los resultados de Mecánica de Suelos indican la presencia de suelos tipo CH y CL (arcillas de alta y baja plasticidad). Las resistividades que se muestran en el perfil (Figura No.4.18) se detallan a continuación.

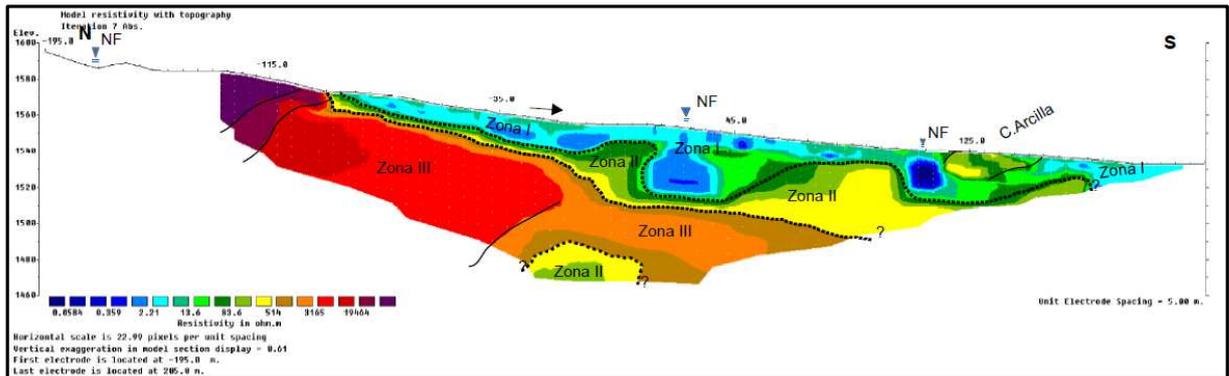


Figura No. 4.18 Perfil geo eléctrico en la línea D-D´.

FUENTE: El Autor.

Zona I, comprende las rocas movidas por acción del deslizamiento, con valores resistivos comprendidos entre 0,359 y 13.6 Ω .m. corresponden a arcillas y limos saturados, el circo de deslizamiento es muy sinuoso atribuidos al cambio litológico y de permeabilidad, en esta zona se encuentran los materiales muy heterogéneos por actividad antrópica y por actividad propia del deslizamiento.

Se observa esta zona muy saturada debido a que paralela a la línea corre un dren artificial, lo que permite parte de esta agua se filtre y forme niveles freáticos y además sobresatura los materiales a su paso.

Zona II, comprende la secuencia sedimentaria menos húmeda y sin alteración del movimiento, cuyos valores resistivos están entre 13,6 y 514 Ω .m. rangos que se relacionan con arcillas y arenas compactas. Constituyen la zona de transición entre el deslizamiento y la roca sana, en esta zona podemos evidenciar la disposición y variación de la litología.

Zona III, de resistividades altas mayores a 514 Ω .m. rangos propios de arenas compactas, arena seca permeable, y suelos pedregosos, que afloran en la parte alta del polígono, se puede evidenciar claramente la disposición de las capas y la dirección de buzamiento.

4.4. Análisis geotécnico del deslizamiento.

Como parte de los resultados del presente informe “Caracterización del deslizamiento de Malacatos mediante la aplicación de métodos de potenciales eléctricos” se muestra la morfo estructura del movimiento ML-01 ubicado en rocas sedimentarias de edad Miocénicas constituidas de limos y arcillas, clasificadas según los resultados de mecánica de suelos de tipo ML-CL-OH arcillas de alta y baja plasticidad así como suelos orgánicos; estos materiales se presentan en estado seco y húmedo, el deslizamiento se encuentra en estado reactivado a latente a la presente fecha, geométricamente en superficie mantiene el ancho (500 m) y longitud (600 m), y una profundidad promedio de 50 m, que dan un volumen de (15000000 m³), de la masa movida solamente existe al noroeste una especie de lengua en su morfología.



Figura No. 4.18 Zona de afectación por el deslizamiento en vía Loja Malacatos Km 28

Fuente: El Autor.

Los principales factores condicionantes se atribuyen a material de alta plasticidad, suelos meteorizados, contraste en permeabilidad de materiales y como principales factores detonantes tenemos: Deforestación, escapes de agua de tubería, pozas sépticas, mantenimiento deficiente del sistema de drenajes, irrigación y lluvias.

La actividad económica de la población dentro del polígono es; pastoreo y cultivos agrícolas el cual deriva un sistema de riego descontrolado y deficiente en la zona.

Los principales daños atribuidos al movimiento, corresponde a la infraestructura vial y viviendas que se ubican dentro del deslizamiento, llegando en algún caso a la destrucción parcial o total de las mismas.

CONCLUSIONES.

La prospección geofísica realizada sobre el deslizamiento del kilómetro 28 vía Malacatos (Loja) con el método de prospección de tomografía eléctrica ha permitido concluir los siguientes puntos:

- La litología del polígono se encuentra estructurada por la secuencia de capas de arcillas con intercalaciones de areniscas, se han definido en base a los resultados de campo del levantamiento geológico, capa de coluvios, capa de areniscas calcáreas, capa de arcillas blanquecinas, capa de conglomerado fino y capa de arcillas rojizas.
- La superficie del polígono está dominada al sur este por un suelo tipo CH, (Arcillas inorgánicas de alta plasticidad) y suelo tipo CL (Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad) por el Norte, solamente existen variaciones con suelo tipo MH (Limos inorgánicos) en el suroeste, al norte en los lentes de conglomerados se tiene un suelo SC (arenas arcillosas).
- El método de tomografía eléctrica, método no destructivo aplicado en el deslizamiento mostro excelentes resultados con un espaciamiento de electrodos cada 5 m. y una configuración Wenner-Slumberguer. Dando directrices claras para continuar con los siguientes procesos en la investigación de los deslizamientos.
- Con los perfiles eléctricos se ha realizado una interpretación basado en la litología de superficie y las resistividades del suelo que han permitido definir zonas saturadas y niveles freáticos superficiales como factores detonantes del deslizamiento.
- El movimiento de ladera, se clasifica como deslizamiento de tipo rotacional activo a translacional, que ocupa una superficie de 15 has, un volumen de masa inestable de 15000000 m³, se reactiva en forma estacional (invierno) y por riegos descontrolados en la zona.
- Los factores condicionantes son: la variación litología, ausencia de vegetación, climáticos y las propiedades geo-mecánica de los materiales; los factores desencadenantes del movimiento de ladera son, el agua lluvia durante las estaciones invernales, aportes antrópicos de agua por riego, pozas sépticas y embalses con diseños deficientes, que provocan la saturación del suelo, modificando las presiones

intersticiales de los materiales, provocan cambios tensionales en la ladera produciéndose el movimiento e inestabilidad del terreno.

- Durante la interpretación de los resultados entre perfiles geológicos y geo-eléctricos, características de los materiales se concluye que la inestabilidad se da a diferente profundidad, siendo mayor en el pie del mismo (> a 50m), no obstante se produce en materiales arcillosos de alta plasticidad con intercalaciones de areniscas.
- Finalmente concluir que el ensayo realizado apoya la propuesta de que la tomografía eléctrica es un método muy adecuado en el reconocimiento de deslizamientos; no solo en su fase activa donde la facilidad de instalación del dispositivo permite actuar y obtener información antes que pueda entrar la maquinaria pesada necesaria para realizar los análisis geotécnicos; sino también en fases preliminares para evaluar el riesgo de posible deslizamientos o bien en fases posteriores para estimar la bondad de las medidas correctoras aplicadas: secado de las masas deslizadas, efecto de los diques y del drenaje aplicado, etc.

RECOMENDACIONES.

- Regular el uso de la tierra y el urbanismo para asegurar que la construcción no sume cargas estáticas y se reduzca la estabilidad de las laderas. Dado que los movimientos son muy profundos, en el área afectada no se debe permitir la construcción de viviendas y destinarlo su uso a suelo agrícola.
- Delimitar una zona de riesgo indirecto, para evitar la construcción de obras civiles, debido a que está colindando con la zona de riesgo.
- Encausar los niveles freáticos y acumulaciones de agua, a través de canales impermeabilizados, para reducir la posibilidad de un aumento del nivel del agua subterránea, y reducir el riesgo por inundación en superficie.
- Realizar drenes horizontales para evacuar el agua acumulada en los diferentes acuíferos que se encuentran en los flancos este y oeste del deslizamiento; así como impermeabilizar conducciones y embalses.
- Plantar o alentar el crecimiento natural de la vegetación como un medio eficaz para la estabilización de las laderas con plantas autóctonas o de raíz profunda que consuman gran cantidad de agua.
- Continuar con la investigación del área mediante la aplicación de métodos destructivos y correlacionarlos con los efectuados en esta tesis.
- Se debe monitorear al deslizamiento para determinar el movimiento del mismo en función del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA.

- ABEM Terrámetro SAS 4000 /SAS 1000, Manual de instrucciones.
- Arche Alfredo, "Sedimentología", Volumen I, Madrid 1992, España.
- Arlandi Rodríguez, Manuel. "Geofísica aplicada a la obra civil, método geo eléctrico y sísmica de refracción casos prácticos". Geoconsult. Madrid.
- Badillo, Juárez, Rodríguez Rico. "Mecánica de suelos", México 2011.
- Corimas Jordi, Dr. "Tipos de rotura en laderas y taludes", Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cuesta Hernández, Julián A. "Prospección geofísica en métodos potenciales: Tomografía eléctrica y sondeos eléctricos verticales para caracterización de suelo y aplicación en estudios hidrogeológicos". Universidad Simón Bolívar, Sartenejas 2007.
- Duque, Escobar Gonzalo. "Manual de geología para ingenieros 2003" Universidad Nacional de Colombia, Manizales. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572>.
- Enrique y otros, "Introducción aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero Aracil Ávila" VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables" Valencia.
- F. De Matteis, Álvaro. "Estabilidad de Taludes". Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Cs. Exactas 2003.
- González de Vallejo, Luis y otros. "Ingeniería geológica" Universidad Complutense de Madrid 2002.
- Hungerbühler Dominik a, Michael Steinmann b, Wilfried Winkler c, Diane Seward c, Arturo Egüezd, Dawn E. Peterson e, Urs Helg f, Cliff Hammer g Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador., 11 June 2001.
- Jara Guamán Diego Jamil, "Caracterización geológica-geotécnica de los movimientos de ladera de los sectores La Florida y Chontacruz, con aplicación de tomografía eléctrica y técnicas de GPS diferencial". Trabajo de fin de titulación, 2013.

- Kennerley, JB., 1973. Geology of Loja Province, southern Ecuador. Institute of Geological Science (Overseas Division), London. Unppublisher Report 23, 34 pp.
- Linares Rogelio, Lomoschitz Alejandro, Pallí Lluís, Carles Roqué, Brusi David y Quintana Aitor. “Reconocimiento geofísico del deslizamiento de Rociana (depresión de Tirajána, Gran Canaria) Universitat de Girona, 17071 Girona.
- McGraw-Hill libros de México, S.A de C.V. Geología aplicada a la ingeniería civil”, Legget/Karrow, impreso en México,
- Obando Rivera, Tupak E. “Geología y movimiento de laderas en el área de la subcuenca hidrográfica del rio Mayales” Instituto Nicaragüense de estudios territoriales.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, (2007), “Movimientos en Masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas”, Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Quintana Álvaro R. Berlanga. “Aplicación de la tomografía eléctrica en la caracterización del deslizamiento de Doña Mencía”. Universidad de Granada 2013. Tesis de máster geofísica y meteorología
- Revalo Matos, Daniela J. “Inversión e interpretación de datos de resistividad aparente en 2D adquiridos en relieve topográfico” Tesis, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas 2007.
- Rinaldi Víctor Alejandro Dr. “Ensayos no destructivos en geotecnia” Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- Suárez Díaz Jaime, “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales” 1998, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Editor: Ingeniería de Suelos Ltda. Impresión: Publicaciones UIS, Colombia. Publicación: Julio de 1998.

ANEXOS

FICHAS DE LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 1

COORDENA DAS UTM WGS 84	X: 444444	TIPO DE AFLORAMIENTO: Corte vía
	Y: 5555555	LITOLOGÍA: Arcillas y areniscas
	Z: 1580	DATOS ESTRUCTURALES: 95/35

DIMENSIÓN (largo x alto): 3 m x 2 m

ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Poco meteorizado

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Aflora en la parte media del polígono (sector sur este) unidad litológica que está compuesta por una sucesión de capas intercaladas en secuencia de arcilla café claro, arenisca amarillenta, arcilla gris clara, arcilla con vetillas de oxidaciones. En general se encuentran altamente fracturadas, en estado seco se disgregan por los planos de fracturas en forma de pequeños grumos, evidenciándose claramente los planos de fractura, se observan cubiertas de material orgánico.

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 2

COORDENADAS UTM WGS 84	X: 694938	TIPO DE AFLORAMIENTO: Talud artificial
	Y: 9534288	LITOLOGÍA: Arcillas y areniscas
	Z: 1532	DATOS ESTRUCTURALES: 95/35
DIMENSIÓN (largo x alto): 12 m x 2 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Poco alterado

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: . Aflora en la parte baja (sur oeste) fuera de polígono unidad litológica referencial del pie del polígono que está compuesta por una sucesión de capas intercaladas en secuencia de lutitas gris claras, arenisca amarillenta, arcilla con vetillas de oxidaciones.

En general se encuentran altamente fracturadas, en estado seco se disgregan por los planos de fracturas en forma de pequeños grumos, evidenciándose claramente los planos de fractura; presentan vetas de yeso que van desde los 5 cm en la parte basal mapeada y disminuyen su espesor según el cambio de facies de sedimentación hacia las más jóvenes.

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 3

COORDENA DAS UTM WGS 84	X: 695140	TIPO DE AFLORAMIENTO: Zanja artificial
	Y: 9534580	LITOLOGÍA: contacto entre arcillas gris claro y lente
	Z: 1591	DATOS ESTRUCTURALES: 95/35
DIMENSIÓN (largo x alto): 2 m x 2 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Poco meteorizado
FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Aflora en la parte baja (sur oeste) fuera de polígono unidad litológica referencial del pie del polígono que está compuesta por una sucesión de capas intercaladas en secuencia de lutitas gris claras, arenisca amarillenta, arcilla con vetillas de oxidaciones. En general se encuentran altamente fracturadas, en estado seco se disgregan por los planos de fracturas en forma de pequeños grumos, evidenciándose claramente los planos de fractura; presentan vetas de yeso que van desde los 5 cm en la parte basal mapeada y disminuyen su espesor según el cambio de facies de sedimentación hacia las más jóvenes.

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 4

COORDENADAS UTM WGS 84	X: 695261	TIPO DE AFLORAMIENTO: Escarpe deslizamiento
	Y: 9534592	LITOLOGÍA: Arcillas y areniscas
	Z: 1582	DATOS ESTRUCTURALES: 308/69
DIMENSIÓN (largo x alto): 10 m x 3 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Poco alterado

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Aflora principalmente en la parte alta (noreste) del polígono, afloramiento compuesto por capas intercaladas en secuencia de arcilla verdosa, arenisca amarillenta, arcilla verdosa a gris clara, arenisca amarillenta, arcilla gris clara, y una capa de materia orgánica.

En general las potencias varían de 0,50 m a 2 m, la coloración verdosa de las arcillas aparentemente se relacionan a los minerales meteorizados de las tobas, se observan vetillas muy finas de oxidación. Una característica importante que se observa es la presencia de finas capas de rocas volcánicas de tamaños muy pequeños de 1 a 3 cm de diámetro en el techo de las areniscas

FOTO

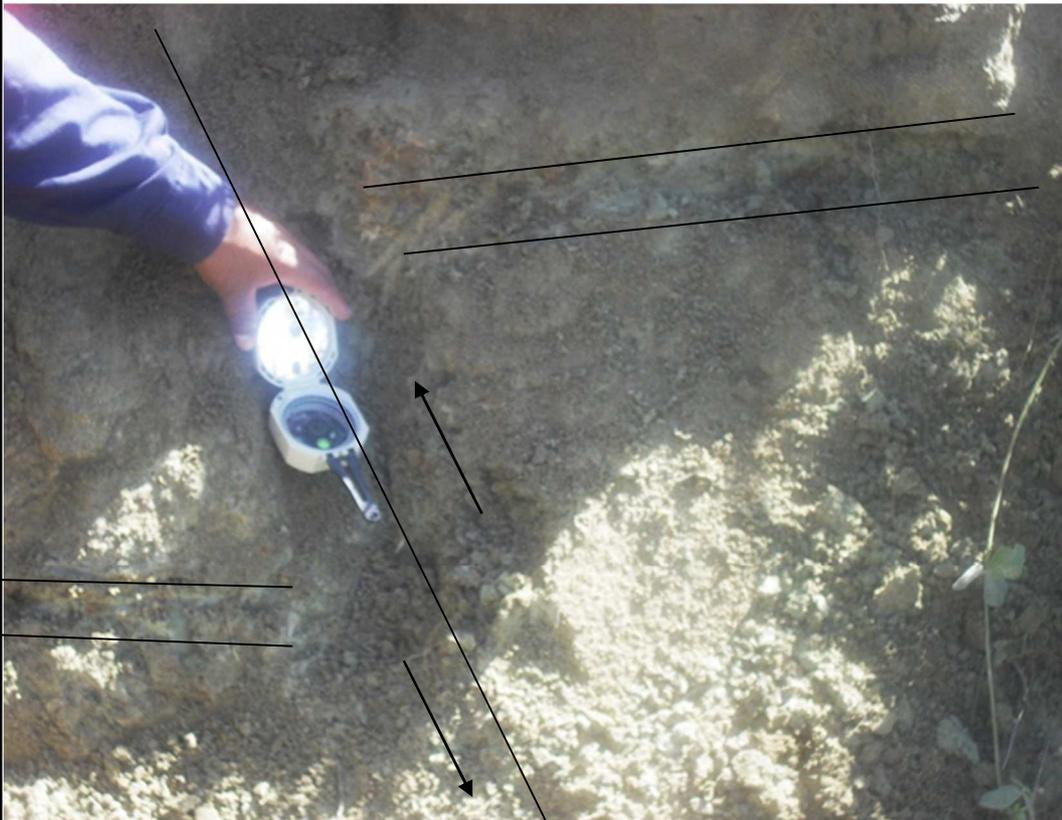


CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 5

COORDENADAS UTM WGS 84	X: 695169	TIPO DE AFLORAMIENTO: Circo del movimiento
	Y: 9534560	LITOLOGÍA: Arcillas y areniscas
	Z: 1592	DATOS ESTRUCTURALES: 63/37
DIMENSIÓN (largo x alto): 2 m x 1 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Poco alterado
FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo		
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Aflora una secuencia de capas de arcilla, arenisca, arcilla y se ha encontrado un cambio en la alineación de los estratos aparentemente por tratarse de un antiguo arco de corona del deslizamiento, las areniscas presentan un tamaño uniforme de los granos y sedimentación paralela se presume de un ambiente de aguas tranquilas, en el techo de la capa de areniscas encontramos una capa de 10 cm de espesor compuesta de clastos de material metamórfico y tovas volcánicas con diámetros de 0,5 a 2cm con matriz soportada de areniscas. Potencias variables de 0,50m a 2,5 m		

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 6

COORDENADAS UTM WGS 84	X: 695004	TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural
	Y: 9534790	LITOLOGÍA: Coluvio
	Z: 1608	DATOS ESTRUCTURALES:
DIMENSIÓN (largo x alto): 6 m x 2 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Alterado
FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo		
DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Material coluvial clasto soportado de matriz areno limosa, sus boleos son de tamaños desde 0,25 m hasta 2,50 m de diámetro muy resistentes y angulosos, constituido de areniscas calcáreas propios de la cuchilla que atraviesa el polígono están totalmente mal empaquetados y presentan acumulaciones de carbonatos a lo largo de su superficie reaccionan fácilmente con el HCL diluido, no obstante se encuentran islas de coluvial en tamaños de clastos más pequeños.		

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 7

COORDENADAS UTM WGS 84	X: 695154	TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural
	Y: 9534770	LITOLOGÍA: Areniscas
	Z: 1630	DATOS ESTRUCTURALES: 44/46
DIMENSIÓN (largo x alto): 40m x 20 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Sin alteración

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Constituido principalmente por areniscas calcáreas que forman la cresta más alta del sector típico por su morfología que le da un paisaje singular. Las areniscas están en paquetes de secesión de capas presentan fracturas en dirección N-S y en dirección del rumbo de las mismas. El proceso de meteorización de da por caída de bloques en dirección de las fracturas, lo que en tiempos geológicos llegaría a constituir el material coluvial que se encuentra en el pie de la misma, dentro de la matriz se observan minerales como plagioclasas y micas típico de la meteorización de material volcánico.

FOTO



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS

AFLORAMIENTO # 8

COORDENADAS UTM WGS 84	X:695258	TIPO DE AFLORAMIENTO: Circo deslizamiento
	Y: 9534458	LITOLOGÍA: Amalgama de materiales
	Z: 1566	DATOS ESTRUCTURALES: 75/38
DIMENSIÓN (largo x alto): 3 m x 1 m		ESTADO DEL AFLORAMIENTO: Muy alterado

FORMACIÓN GEOLÓGICA: Santo Domingo

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA: Se encuentra ubicado dentro del deslizamiento este del polígono se puede observar claramente el movimiento del suelo y una mezcla de materiales, este afloramiento está constituido principalmente por arcillas en el piso y al techo tenemos cantos de areniscas y materiales introducidos al sector como materiales propios de terrazas de río.

Se encuentran altamente fracturadas por desecación rápida y por su propia naturaleza. Absorben gran cantidad de agua y se lavan fácilmente

FOTO



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYOS DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Muestra N°	Coord. X	Coord. Y	Prof.	W. Recipiente	W. Rec + S.Hum	W.Rec. + S. Seco	W.Agua	W.S. Seco	Cont.Hume %	SUCS
M01	695246	9534390	1,5	215,39	1150	1025,2	124,8	809,81	15,41	CH
M02	695299	9534353	1	212	1011,1	865,3	145,8	653,3	22,32	MH
M03	695257	9534460	1	414,3	1281,2	1154,2	127	739,9	17,16	CH
M04	695164	9534389	1,5	224,5	1503	1376,1	126,9	1151,6	11,02	CL
M05	695061	9534430	1	306	1261,5	1097,3	164,2	791,3	20,75	CH
M09	695114	9534496	2	286,46	1274,4	1169,9	104,5	883,44	11,83	CH
M11	694990	9534480	1,5	343,7	1305,7	1204,1	101,6	860,4	11,81	CH
M12	694896	9534480	1	331,5	1281,3	1045,4	235,9	713,9	33,04	CH
M13	695264	9534596	2,5	299,6	1313	1166,2	146,8	866,6	16,94	CL
M15	695138	9534578	1,5	414,3	1281,2	1154,2	127	739,9	17,16	SC
M17	694947	9534674	1,5	334,7	1258,1	1181,5	76,6	846,8	9,05	CH

ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

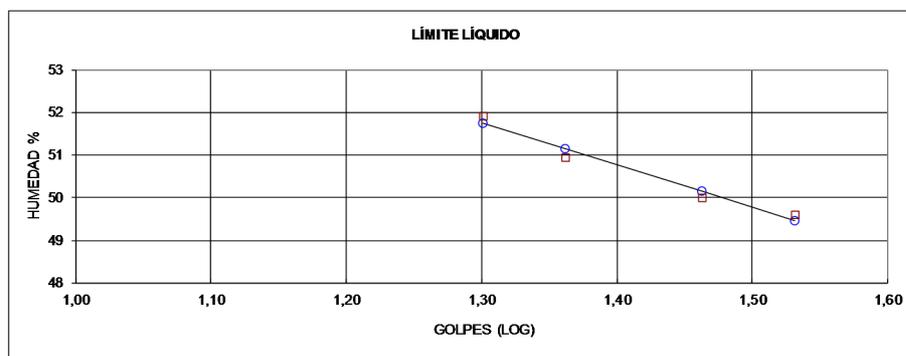
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS
 SOLICITADO: TESISISTA
 FECHA: MARZO 2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 POZO:
 MUESTRA: M01
 PROFUNDIDAD: 1,50 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.150,00	1.025,20	215,39	15,41	15,41
		1.150,06	1.025,28	215,40	15,41	
2.- LÍM. LÍQUIDO	20	77,67	72,87	63,61	51,92	50,78
	23	76,39	71,60	62,20	50,96	
	29	76,56	72,80	65,28	50,00	
	34	78,59	75,30	68,67	49,62	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59,19	58,87	57,37	21,33	21,46
		60,84	60,54	59,15	21,58	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,46	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,46	ARENA	14
				FINOS	86
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA		
1"	0,00	0,00	100	LL =	51,00
3/4"	0,00	0,00	100	LP =	21,00
1/2"	0,00	0,00	100	P =	30,00
3/8"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
No. 4	0,50	0,09	100	SUCS :	CH
No. 10	4,34	0,75	99	AASHTO:	A-7-6
No. 40	17,88	3,08	97	IG(86):	27
No. 200	83,26	14,34	86	IG(45):	18



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egdo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

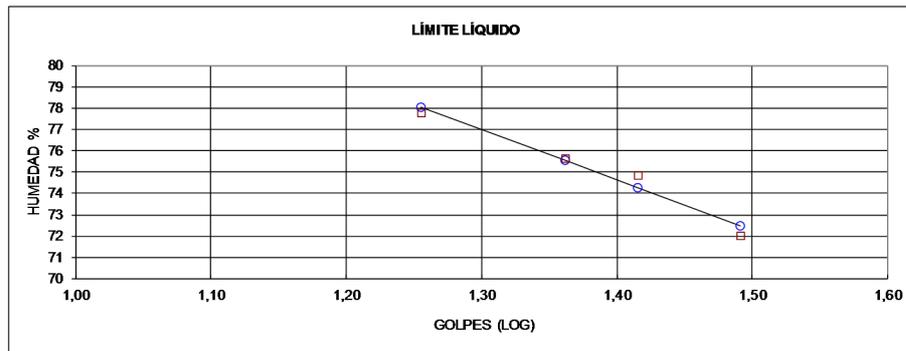
ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS
 SOLICITADO: TESISISTA
 FECHA: MARZO 2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 POZO:
 MUESTRA: M 02
 PROFUNDIDAD: 1 m
 REALIZADO: CESAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.011,10 1.011,16	865,30 865,37	212,00 212,10	22,32 22,32	22,32
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 23 26 31	77,98 80,40 71,95 57,40	70,97 73,93 65,45 51,48	61,96 65,38 56,77 43,26	77,80 75,67 74,88 72,02	74,69
3.- LÍMITE PLÁSTICO		62,60 61,27	62,11 60,77	60,85 59,44	38,89 37,59	38,24

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,60	(HS)	S	GRAVA	4
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,60	ARENA	31
				FINOS	65
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	75,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	38,00
3/4"	0,00	0,00	100	P =	37,00
1/2"	0,00	0,00	100		
3/8"	7,11	1,22	99	CLASIFICACIÓN	
No. 4	25,30	4,36	96	SUCS :	MH
No. 10	53,10	9,15	91	AASHTO:	A-7-5
No. 40	99,51	17,14	83	IG(86):	25
No. 200	202,83	34,93	65	IG(45):	17



CLASIFICACIÓN SUCS: Limos inorganicos de elevada plasticidad (MH)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egdo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



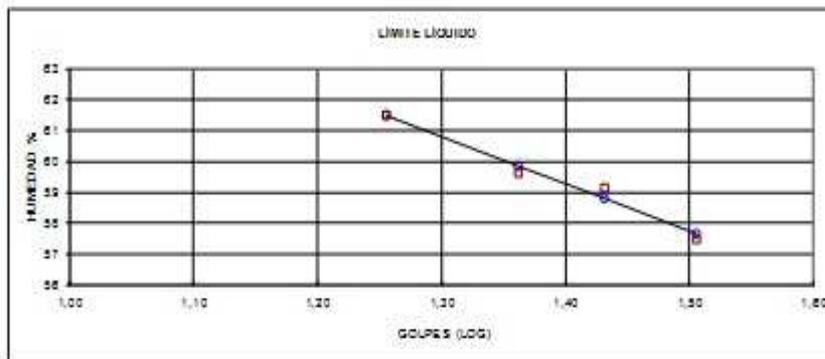
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS
 LOCALIZACIÓN Km 28 VÍA LOJA MALACATOS
 SOLICITADO: TESISTA
 FECHA: MARZO 2014
 NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 POZO:
 MUESTRA: M 03
 PROFUNDIDAD: 1.5 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1- CONTENIDO DE AGUA		1.281,20	1.154,20	414,30	17,16	17,17
		1.281,25	1.154,21	414,28	17,17	
2- LIM LÍQUIDO	18	77,93	72,83	64,54	61,52	59,31
	23	45,98	42,43	36,48	59,66	
	27	76,43	70,97	61,74	59,15	
	32	84,24	78,53	68,60	57,80	
3- LIMITE PLÁSTICO		61,10	60,65	59,04	27,95	27,50
		63,20	62,87	61,65	27,05	

4- GRANULOMETRÍA				5- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,20	(HS)	S	GRAVA	4
PESO INICIAL DE CÁLCULO:	580,20			ARENA	43
				FINOS	53
TAMIZ	PESO RT.	% RET.	% PASA	LL =	59,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	27,00
3/4"	0,00	0,00	100	IP =	32,00
1/2"	0,00	0,00	100		
3/8"	1,12	0,19	100	CLASIFICACIÓN	
No. 4	25,45	4,38	96	SUCS:	CH
No. 10	54,15	11,06	89	AASHTO	A-7-6
No. 40	135,33	23,32	77	G(66)	14
No. 200	275,73	47,18	53	G(45)	13



CLASIFICACION SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH).

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Edo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



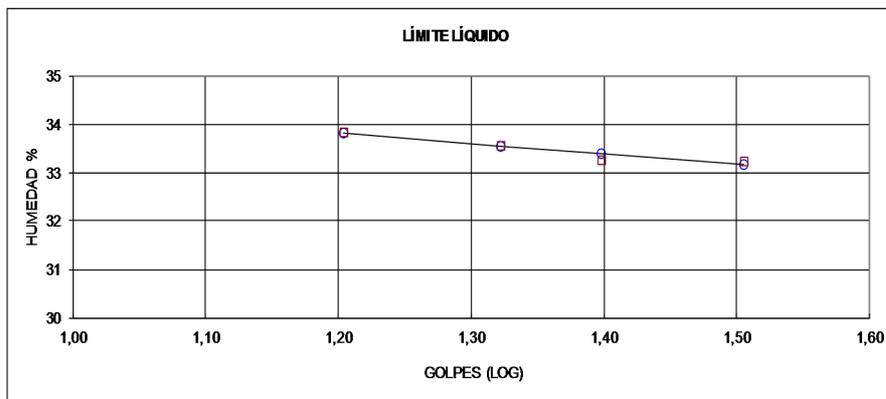
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS POZO:
 SOLICITADO: TESISTA MUESTRA: M 04
 FECHA: MARZO 2014 PROFUNDIDAD: 1,50 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHOP.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		1.503,00	1.376,10	224,50	11,02	11,06
		1.505,10	1.377,06	224,52	11,11	
2.-LÍM. LÍQUIDO	16	71,93	68,24	57,34	33,85	33,40
	21	80,72	76,54	64,09	33,57	
	25	75,30	70,10	54,47	33,27	
	32	76,94	73,13	61,67	33,25	
3.-LÍMITE PLÁSTICO		68,46	68,17	66,59	18,35	18,48
		62,34	62,10	60,81	18,60	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,20	(HS)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,20	ARENA	28
				FINOS	72
TAMZ	PESORT.	% RET	% PASA	LL =	33,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	18,00
3/4"	0,00	0,00	100	P =	15,00
1/2"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
3/8"	0,00	0,00	100	SUCS :	CL
No. 4	0,80	0,14	100	AASHTO:	A-6
No. 10	5,40	0,93	99	IG(86):	10
No. 40	26,62	4,59	95	IG(45):	9
No. 200	164,85	28,41	72		



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad (CL)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egdo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



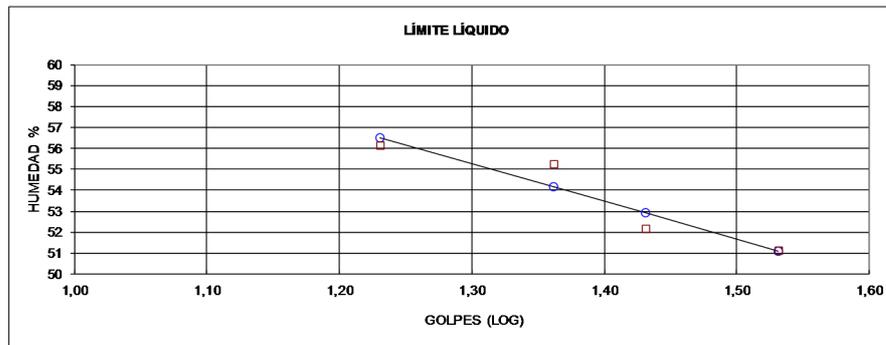
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACION

PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS POZO:
 SOLICITADO: TESISTA MUESTRA: M 05
 FECHA: MARZO 2014 PROFUNDIDAD: 1 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.261,50	1.097,30	306,00	20,75	21,27
		1.261,49	1.097,25	343,70	21,80	
2.- LÍM. LÍQUIDO	17	75,18	70,02	60,83	56,15	53,50
	23	72,09	67,45	59,05	55,24	
	27	78,23	72,34	61,05	52,17	
	34	79,51	75,16	66,65	51,12	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		44,83	44,60	43,22	16,67	17,21
		58,50	58,23	56,71	17,76	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,65	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,65	ARENA	28
				FINOS	72
TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA	LL =	54,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	17,00
3/4"	0,00	0,00	100	IP =	37,00
1/2"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
3/8"	0,00	0,00	100	SUCS :	CH
No. 4	1,80	0,31	100	AASHTO:	A-7-6
No. 10	12,99	2,24	98	IG(86):	25
No. 40	51,69	8,90	91	IG(45):	18
No. 200	161,56	27,82	72		



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH).

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egd. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



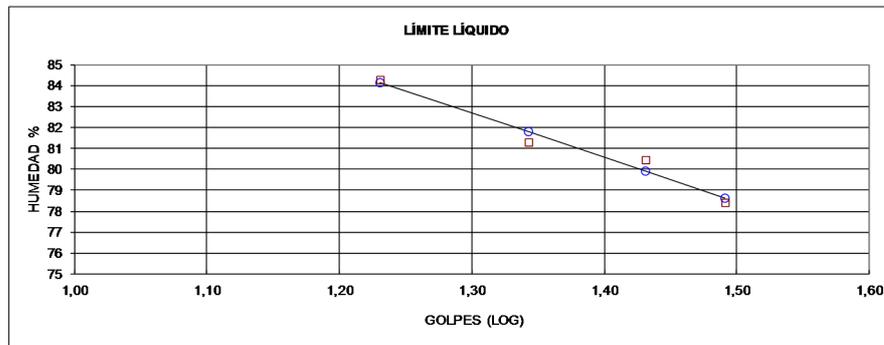
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACION

PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS POZO:
 SOLICITADO: TESIS MUESTRA: M 9
 FECHA: MARZO 2014 PROFUNDIDAD: 2 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.274,40	1.169,90	286,46	11,83	11,83
		1.274,36	1.169,85	286,46	11,83	
2.- LÍM. LÍQUIDO	17	68,33	63,34	57,42	84,29	80,61
	22	72,12	66,55	59,70	81,31	
	27	71,35	66,04	59,44	80,45	
	31	84,34	78,31	70,62	78,41	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		72,22	71,96	70,69	20,47	20,37
		74,21	73,91	72,43	20,27	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,97	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,97	ARENA	24
				FINOS	76
TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA	LL =	81,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	20,00
3/4"	0,00	0,00	100	IP =	61,00
1/2"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
3/8"	0,00	0,00	100	SUCS :	CH
No. 4	0,37	0,06	100	AASHTO:	A-7-6
No. 10	4,93	0,85	99	IG(86):	48
No. 40	18,10	3,12	97	IG(45):	20
No. 200	139,63	24,03	76		



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH).

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egdo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-022-2013

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"

OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS

POZO:

SOLICITADO: TESISISTA

MUESTRA: M 11

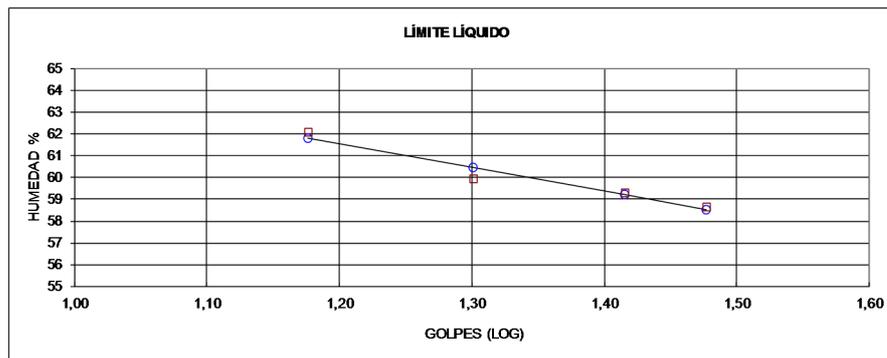
FECHA: MARZO 2014

PROFUNDIDAD: 1,10 m

REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.305,70 1.306,20	1.204,10 1.205,18	343,70 343,70	11,81 11,73	11,77
2.- LÍM. LÍQUIDO	15 20 26 30	53,41 80,16 77,08 53,79	47,17 75,53 72,24 47,94	37,12 67,81 64,08 37,97	62,09 59,97 59,31 58,68	59,41
3.- LÍMITE PLÁSTICO		32,31 32,57	31,96 32,19	30,49 30,57	23,81 23,46	23,63

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN= 580,45 (H/S)		S		GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		580,45		ARENA	25
				FINOS	74
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	59,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	24,00
3/4"	0,00	0,00	100	P =	35,00
1/2"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
3/8"	0,00	0,00	100	SUCS :	CH
No. 4	1,06	0,18	100	AASHTO:	A-7-6
No. 10	7,83	1,35	99	IG(86):	27
No. 40	43,62	7,51	92	IG(45):	20
No. 200	148,25	25,54	74		



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH).

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Ego. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

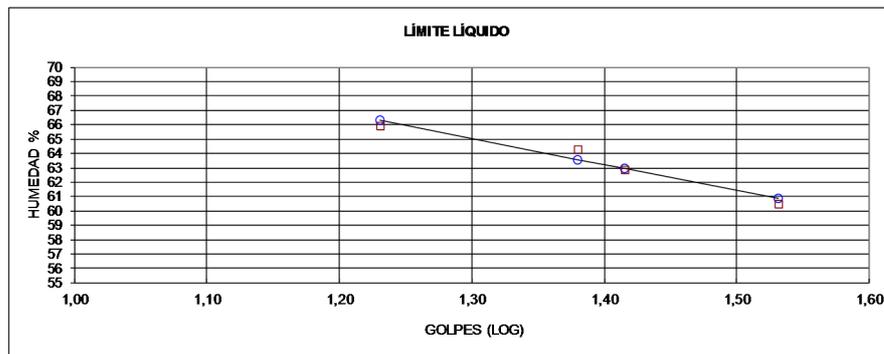
ENSAYO DE CLASIFICACION

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS
 SOLICITADO: TESISTA
 FECHA: MARZO 2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 POZO:
 MUESTRA: M 12
 PROFUNDIDAD: 1 m
 REALIZADO: CESAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1281,30 1281,41	1.045,40 1.046,02	331,50 331,53	33,04 32,95	32,99
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 24 26 34	73,99 69,07 52,17 76,21	69,46 64,58 46,69 71,35	62,59 57,60 37,98 63,32	65,94 64,33 62,92 60,52	63,27
3.- LÍMITE PLÁSTICO		72,52 38,87	72,20 38,47	71,09 37,11	28,83 29,41	29,12

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,15	(H/S)	S	GRAVA	2
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,15	ARENA	46
				FINOS	53
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	63,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	29,00
3/4"	0,00	0,00	100	IP =	34,00
1/2"	0,00	0,00	100		
3/8"	9,60	1,65	98	CLASIFICACIÓN	
No. 4	9,60	1,65	98	SUCS :	CH
No. 10	24,78	4,27	96	AASHTO:	A-7-6
No. 40	83,98	14,48	86	IG(86):	15
No. 200	273,70	47,18	53	IG(45):	13



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad (CH)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egdo. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



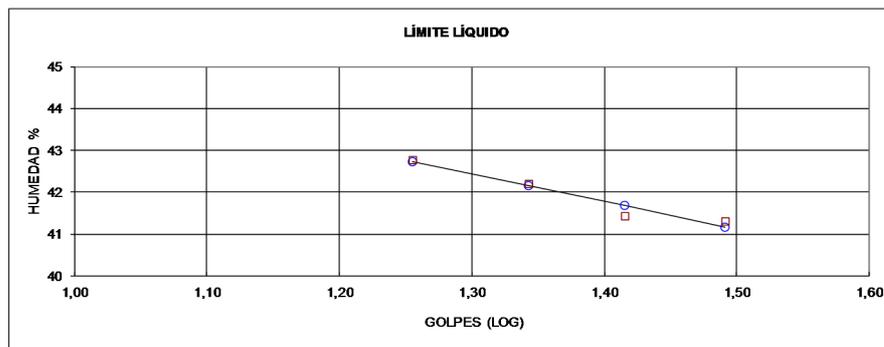
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACION

PROYECTO: "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA: DESLIZAMIENTO MALACATOS NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS. POZO:
 SOLICITADO: TESISTA MUESTRA: M 13
 FECHA: MARZO 2014 PROFUNDIDAD: 2,5 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1.313,00	1.166,20	299,60	16,94	16,94
		1.313,06	1.166,18	299,61	16,95	
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	73,83	68,97	57,61	42,78	41,79
	22	78,07	72,68	59,91	42,21	
	26	89,61	84,10	70,80	41,43	
	31	73,67	69,55	59,58	41,32	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		62,69	62,39	60,74	18,18	18,02
		56,95	56,70	55,30	17,86	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	580,60	(H/S)	S	GRAVA	0
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			580,60	ARENA	38
				FINOS	62
TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA	LL =	42,00
1"	0,00	0,00	100	LP =	18,00
3/4"	0,00	0,00	100	IP =	24,00
1/2"	0,00	0,00	100	CLASIFICACIÓN	
3/8"	0,00	0,00	100	SUCS :	CL
No. 4	0,71	0,12	100	AASHTO:	A-7-6
No. 10	6,59	1,14	99	IG(86):	12
No. 40	41,79	7,20	93	IG(45):	11
No. 200	219,64	37,83	62		



CLASIFICACIÓN SUCS: Arcilla inorganica de plasticidad media (CL)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egd. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.



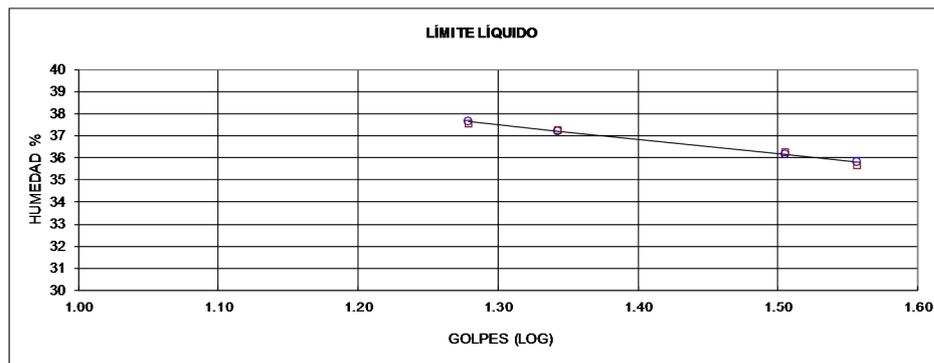
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACION

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DE MALACATOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS DE POTENCIALES ELÉCTRICOS"
 OBRA : DESLIZAMIENTO MALACATOS NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
 LOCALIZACIÓN: Km 28 VÍA LOJA MALACATOS POZO:
 SOLICITADO: TESISISTA MUESTRA: M 15
 FECHA: MARZO 2014 PROFUNDIDAD: 1,50 m
 REALIZADO: CÉSAR MOROCHO P.

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		1,281.20	1,154.20	414.30	17.16	17.10
		1,281.25	1,155.03	414.28	17.04	
2.- LÍM. LÍQUIDO	19	66.53	64.49	59.06	37.57	36.85
	22	60.43	58.38	52.88	37.27	
	32	76.83	74.93	69.69	36.26	
	36	65.89	63.30	56.04	35.67	
3.- LÍMITE PLÁSTICO		72.26	71.81	69.56	20.00	21.31
		72.78	72.47	71.10	22.63	

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN= 7851.60 (HS)		S		GRAVA	43
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		7851.60		ARENA	41
				FINOS	16
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	37.00
1"	497.34	6.33	94	LP =	21.00
3/4"	829.50	10.56	89	IP =	16.00
1/2"	1481.56	18.87	81	CLASIFICACIÓN	
3/8"	2057.6	26.21	74	SUCS :	sc
No. 4	3384.4	43.10	57	AASHTO:	A-2-6
No. 10	3786.1	48.22	52	IG(86):	0
No. 40	5007.0	63.77	36	IG(45):	0
No. 200	6568.3	83.66	16		



CLASIFICACIÓN SUCS: SC

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el Egd. César Morocho y llevada al laboratorio de la UTPL.

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS

INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS																																																																																																																																																																					
ENCUESTADOR: CESAR A MOROCHO P		FECHA: 29/02/2014		INSTITUCIÓN: UTPL-GM		CODIGO: ML-01																																																																																																																																																															
SECTOR: MALACATOS Km 28 VIA LOJA ZUMBA/		PROYECCION: UTM. WGS 84		FOTO/N*/Año/Escala/Editor																																																																																																																																																																	
COORDENADAS: 695430 - 9534638		MAPA/N*/Año/Escala/Editor		TOPOGRAFIA DEL SECTOR - AUTOR																																																																																																																																																																	
REFERENCIA GEOGRÁFICA: Km 28 VIA LOJA MALACATOS A LA ALTURA DE LAS CUCARDAS																																																																																																																																																																					
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO					LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA																																																																																																																																																																
FECHAS DE OCURRENCIA		ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCION	DESCRIPCION	ESTRUCTURA	ORIENTACION	ESPACIAMIENTO (m)																																																																																																																																																													
Ultimo movimiento DD/ MM/ AA/ 29 7 14		<input type="checkbox"/> Activo <input checked="" type="checkbox"/> Reactivado <input checked="" type="checkbox"/> Latente <input type="checkbox"/> Estabilizado <input type="checkbox"/> Relicto	<input type="checkbox"/> Unico <input type="checkbox"/> Sucesivo <input checked="" type="checkbox"/> Multiple	<input type="checkbox"/> Retrogresivo <input type="checkbox"/> Progresivo <input checked="" type="checkbox"/> Ensanchandose <input type="checkbox"/> Confinado <input type="checkbox"/> Enjambre		GAMIENTOS D.	DB / BZ	<table border="1"> <tr> <td>>2</td> <td>2-0.6</td> <td>0.6-0.2</td> <td>0.2-0.06</td> <td><-0.06</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			>2	2-0.6	0.6-0.2	0.2-0.06	<-0.06																																																																																																																																																						
>2	2-0.6	0.6-0.2	0.2-0.06	<-0.06																																																																																																																																																																	
Anteriores																																																																																																																																																																					
Edad (años)																																																																																																																																																																					
C L A S I F I C A C I O N	TIPO DE MOVIMIENTO		HUMEDAD DEL SUELO		ORIGEN DEL SUELO		OTRAS CARACTERISTICAS		VELOCIDAD																																																																																																																																																												
	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Caida</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Volcamiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Deslizamiento rotacional</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Deslizamiento traslacional</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Propagación lateral</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Reptacion</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Colapso</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Flujo</td> </tr> </table>		1	2				Caida			Volcamiento		<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento rotacional			Deslizamiento traslacional			Propagación lateral		<input checked="" type="checkbox"/>	Reptacion			Colapso			Flujo	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Roca</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Detrito</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUELOS INGENIERIA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Bloques</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Cantos</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Gravas</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arena</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Limo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arcilla</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>M. Organic</td> </tr> </table>		1	2	%		<input checked="" type="checkbox"/>	Roca			Suelo			Detrito	SUELOS INGENIERIA					Bloques			Cantos			Gravas			Arena			Limo			Arcilla			M. Organic	<table border="1"> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Seco</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Lig. Humedo</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Humedo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Muy humedo</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Mojado</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PLASTICIDAD</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Alta</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Media</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Baja</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>No plástico</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/>	Seco			Lig. Humedo		<input checked="" type="checkbox"/>	Humedo			Muy humedo			Mojado	PLASTICIDAD				<input checked="" type="checkbox"/>	Alta			Media			Baja			No plástico	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>Residual</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>* Sedimentario</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Coluvial</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Volcánico</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Tipo de suelo sedimentario*</td> </tr> <tr> <td colspan="3">ARCILLAS</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Clasificación SUCS</td> </tr> <tr> <td colspan="3">CH - CL</td> </tr> </table>				Residual		<input checked="" type="checkbox"/>	* Sedimentario		<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial			Volcánico	Tipo de suelo sedimentario*			ARCILLAS			Clasificación SUCS			CH - CL			<table border="1"> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Movimiento canalizado</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Movimiento no canalizado</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Licuación</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/>	Movimiento canalizado		<input type="checkbox"/>	Movimiento no canalizado		<input type="checkbox"/>	Licuación		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<table border="1"> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Extr. Rápido (>5 m/s)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy rápido (>3m/min)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Rápido (>1.8m/hr)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Moderado (>13m/mes)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Lento (>1.6m/año)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Muy lento (>16mm/año)</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Extr. Lento (<16mm/año)</td> </tr> </table>			<input type="checkbox"/>	Extr. Rápido (>5 m/s)		<input type="checkbox"/>	Muy rápido (>3m/min)		<input type="checkbox"/>	Rápido (>1.8m/hr)		<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado (>13m/mes)		<input type="checkbox"/>	Lento (>1.6m/año)		<input type="checkbox"/>	Muy lento (>16mm/año)		<input type="checkbox"/>	Extr. Lento (<16mm/año)
	1	2																																																																																																																																																																			
			Caida																																																																																																																																																																		
			Volcamiento																																																																																																																																																																		
		<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamiento rotacional																																																																																																																																																																		
			Deslizamiento traslacional																																																																																																																																																																		
			Propagación lateral																																																																																																																																																																		
		<input checked="" type="checkbox"/>	Reptacion																																																																																																																																																																		
			Colapso																																																																																																																																																																		
		Flujo																																																																																																																																																																			
1	2	%																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Roca																																																																																																																																																																			
		Suelo																																																																																																																																																																			
		Detrito																																																																																																																																																																			
SUELOS INGENIERIA																																																																																																																																																																					
		Bloques																																																																																																																																																																			
		Cantos																																																																																																																																																																			
		Gravas																																																																																																																																																																			
		Arena																																																																																																																																																																			
		Limo																																																																																																																																																																			
		Arcilla																																																																																																																																																																			
		M. Organic																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Seco																																																																																																																																																																			
		Lig. Humedo																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Humedo																																																																																																																																																																			
		Muy humedo																																																																																																																																																																			
		Mojado																																																																																																																																																																			
PLASTICIDAD																																																																																																																																																																					
	<input checked="" type="checkbox"/>	Alta																																																																																																																																																																			
		Media																																																																																																																																																																			
		Baja																																																																																																																																																																			
		No plástico																																																																																																																																																																			
		Residual																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	* Sedimentario																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial																																																																																																																																																																			
		Volcánico																																																																																																																																																																			
Tipo de suelo sedimentario*																																																																																																																																																																					
ARCILLAS																																																																																																																																																																					
Clasificación SUCS																																																																																																																																																																					
CH - CL																																																																																																																																																																					
	<input type="checkbox"/>	Movimiento canalizado																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Movimiento no canalizado																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Licuación																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																				
	<input type="checkbox"/>	Extr. Rápido (>5 m/s)																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Muy rápido (>3m/min)																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Rápido (>1.8m/hr)																																																																																																																																																																			
	<input checked="" type="checkbox"/>	Moderado (>13m/mes)																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Lento (>1.6m/año)																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Muy lento (>16mm/año)																																																																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	Extr. Lento (<16mm/año)																																																																																																																																																																			
CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO							Sistema de clasificación: VARNES, 1996																																																																																																																																																														
							NOMBRE DEL MOVIMIENTO: ROTACIONAL																																																																																																																																																														
MORFOMETRIA																																																																																																																																																																					
GENERAL			DIMENSIONES				DEFORMACION DEL TERRENO																																																																																																																																																														
Diferencia de altura corona a punta (m)		114.0	Ancho de la masa desplazada Wd (m)		348		Modo		Severidad																																																																																																																																																												
Longitud horizontal corona a punta (m)		500.0	Ancho de la superficie de ruptura Wr (r)		348		<input checked="" type="checkbox"/> Ondulación		<input checked="" type="checkbox"/> Leve																																																																																																																																																												
Fahrboschung (°)			Longitud de la masa desplazada Ld (m)		500		<input type="checkbox"/> Escalonamiento		<input type="checkbox"/> Media																																																																																																																																																												
Pendiente de ladera en post- falla (°)		12	Longitud de la superficie de ruptura Lr (m)		2200.0		<input type="checkbox"/> Otros		<input type="checkbox"/> Pronunciada																																																																																																																																																												
Pendiente de ladera en PRE- falla (°)		40	Espesor de la masa desplazada Dd (m)		30		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Severa																																																																																																																																																												
Dirección del movimiento (°)		N-S	Profundidad de superficie de ruptura Dr (m)		30.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Muy severa																																																																																																																																																												
Azimut del talud (°)			Longitud total L (m)																																																																																																																																																																		
C A U S A S	GENERAL		C D		COBERTURA Y USO DEL SUELO																																																																																																																																																																
	<input checked="" type="checkbox"/> Material plástico debil		<input type="checkbox"/>		Tipo de Cobertura		%		Tipo uso																																																																																																																																																												
	<input type="checkbox"/> Material sensible		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Veget. Herbacea		70		<input checked="" type="checkbox"/> Ganaderia																																																																																																																																																												
	<input type="checkbox"/> Material colapsible		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Bosque/Selva				<input type="checkbox"/> Area protegida																																																																																																																																																												
	<input checked="" type="checkbox"/> Material meteorizado		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Matorrales				<input checked="" type="checkbox"/> Agricola																																																																																																																																																												
	<input type="checkbox"/> Material fallado por corte		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Cuerpo agua		1		<input type="checkbox"/> Recreación																																																																																																																																																												
	<input checked="" type="checkbox"/> Material fisurado o agrietado		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Cultivo		5		<input type="checkbox"/> Zona arqueológica																																																																																																																																																												
	<input type="checkbox"/> Orientación desfavorable de discontinuidades		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Construcciones		1		<input type="checkbox"/> Zona industrial																																																																																																																																																												
	<input checked="" type="checkbox"/> Contraste en permeabilidad de materiales		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Sin cobertura				<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda																																																																																																																																																												
	<input type="checkbox"/> Contraste de rigidez de materiales		<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/> Vias																																																																																																																																																												
<input type="checkbox"/> Meteorización por expansion/contracción		<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																			
C : Condicionante		D : Detonante																																																																																																																																																																			

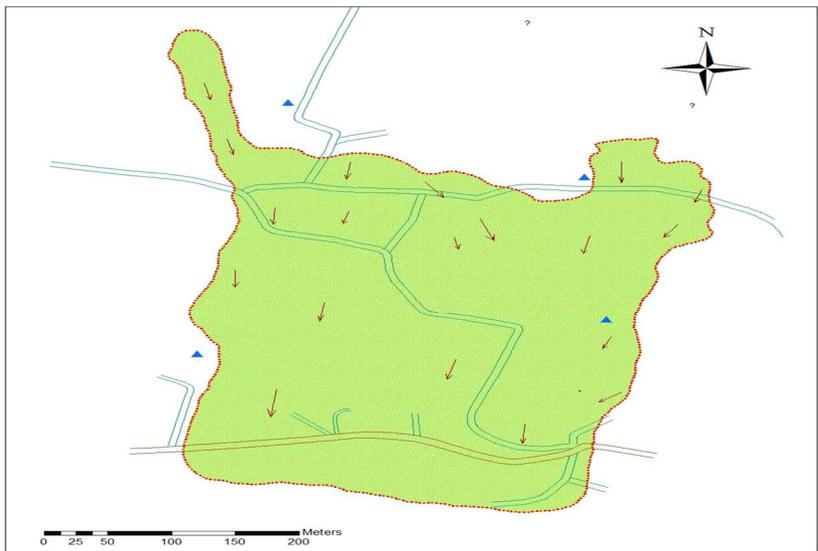
D A Ñ O S	Población		Infraestructura					Actividades económicas				Daños ambientales					
	Número de muertos	0	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad				Valor \$	Tipo	Unidad de medida	Intensidad y cantidad				Valor \$	
	Número de heridos	0			DL	DM	DS	DT				DL	DM	DS	DT		
	Número de damnificados	0	VIVIENDA	HORMIGON			X	X	60000								
			VIAS			X			30000								

Convención para intensidad de daño DL: Daño leve DM: Daño moderado DS: Daño severo DT: Destrucción total NC: No cuantificable

NOTA ZONAS DE DIFÍCIL PASTOREO POR AGRIETAMIENTO DEL SUELO

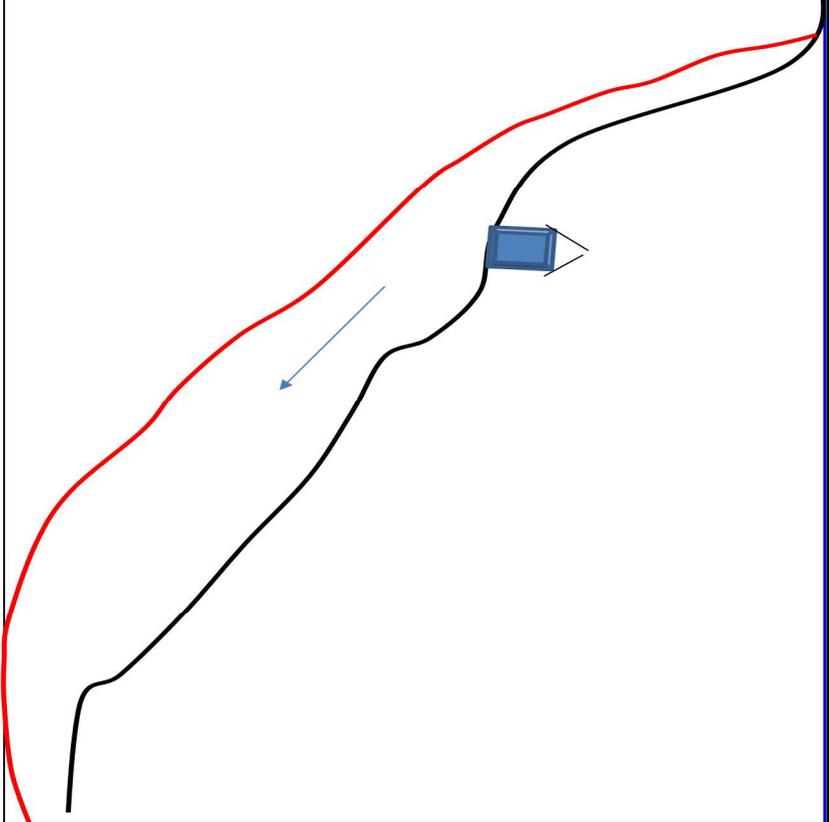
ESQUEMA EN PLANTA

MAPA CON DELIMITACION DEL DESLIZAMIENTO



- LEYENDA**
- DIRE. MOVIMIENTO
 - ▲ nivel_freatico
 - via_estrada
 - Via_Malacatos
 - FRM. MALACATOS

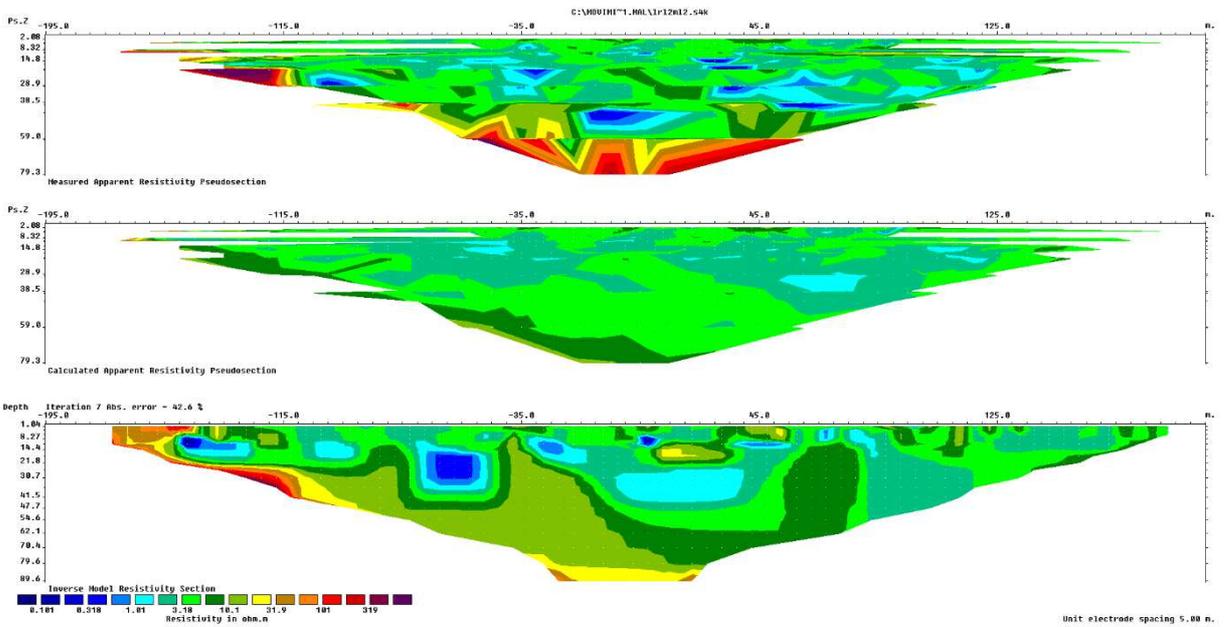
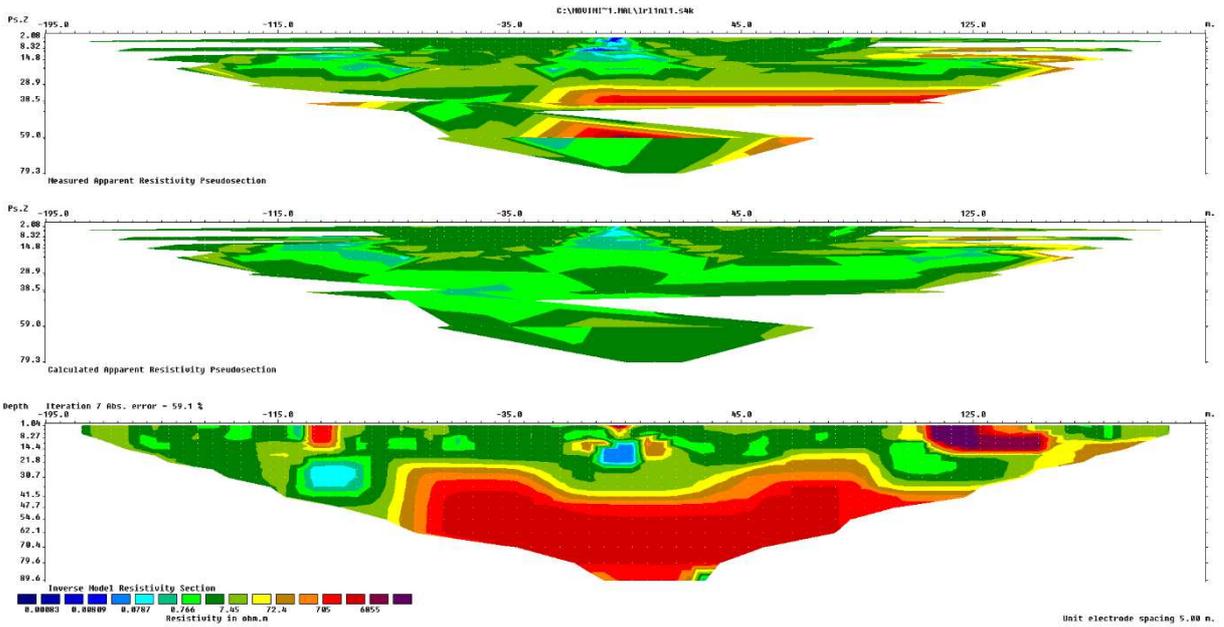
ESQUEMA EN PERFIL

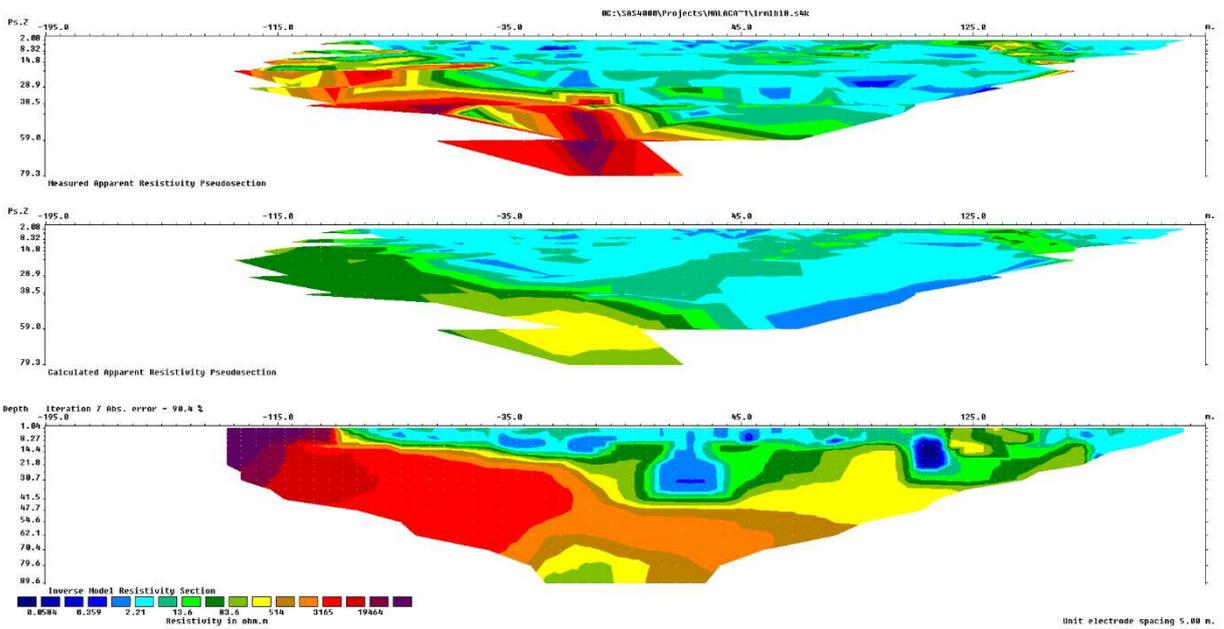
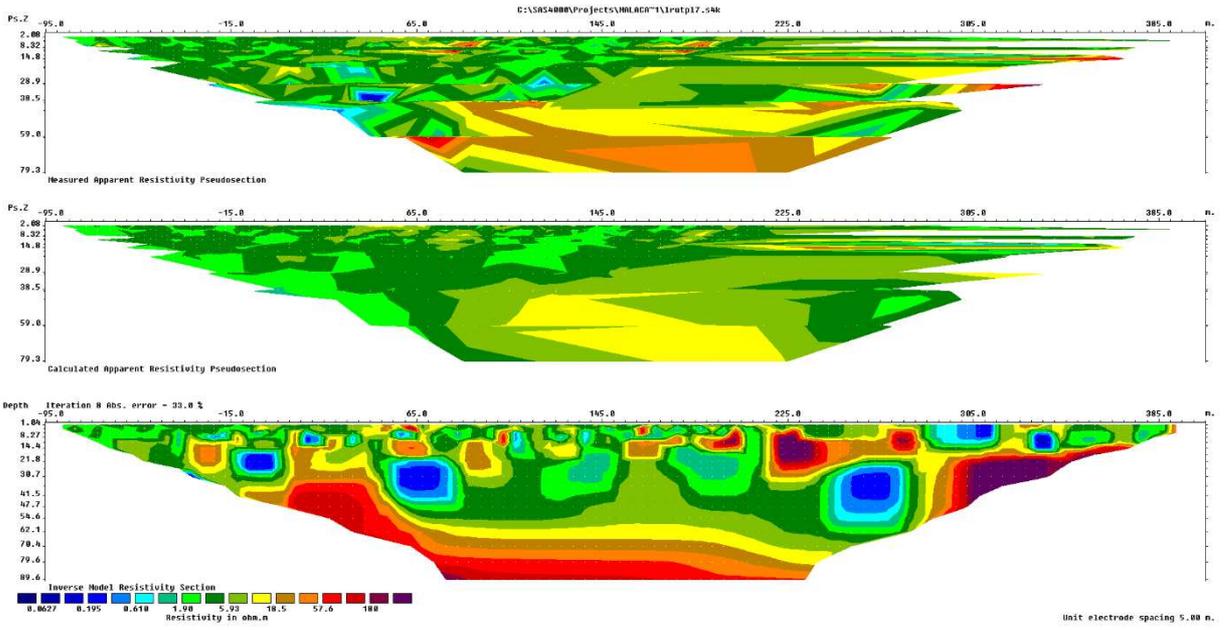


ANEXO FOTOGRÁFICO



PERFILES GEOFÍSICOS





MAPAS

Mapa de pendientes

Mapa geológico estructural

Mapa de suelos