



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

**CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

**“IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES A MOVIMIENTOS
DE MASA EN LA VÍA LOJA - MALACATOS EN EL TRAMO
COMPENDIDO ENTRE LOJA - LANDANGUI. PROVINCIA DE
LOJA.”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO
EN:

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

AUTORES:

TAMBO ENCALADA WALTER SIMÓN
VICUÑA MERINO DAVID

DIRECTOR:

ING. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRÍO

**LOJA - ECUADOR
2009**

**IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES A MOVIMIENTOS DE
MASA EN LA VÍA LOJA - MALACATOS EN EL TRAMO COMPRENDIDO
ENTRE LOJA - LANDANGUI. PROVINCIA DE LOJA.**

CERTIFICACIÓN

Ing. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRÍO, Director de la tesis de grado que versa: **“IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUCEPTIBLES A MOVIMIENTOS DE MASA EN LA VÍA LOJA - MALACATOS EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOJA - LANDANGUI. PROVINCIA DE LOJA.”**

CERTIFICO:

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

Loja, Abril 2009

**Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío.
DIRECTOR DE TESIS**

AUTORÍA

La originalidad de la investigación, tratamiento de la información, diseños y rediseños, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, así como la metodología de la programación contemplada en la presente tesis de grado: “IDENTIFICACION DE ZONAS SUCEPTIBLES A MOVIMIENTOS DE MASA EN LA VIA LOJA - MALACATOS EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOJA - LANDANGUI. PROVINCIA DE LOJA”, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....
Walter Simón Tambo Encalada.

.....
David Vicuña Merino.

AGRADECIMIENTOS

La considerable atención que se ha brindado por parte de las diferentes autoridades de la Carrera de Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial, así como también a los diferentes docentes que de manera particular han prestado su apoyo para la superación de nuestra preparación académica; y de manera especial por la atención dada a lo largo del presente proyecto de tesis tenemos que hacer una mención especial a quien de la manera más comedida ha prestado sus servicios tanto como director de tesis así como también prestándonos su apoyo en la guía didáctica que se debe llevar para la consecución del tema de presente estudio, Por ello este agradecimiento por todo lo antes expuesto va a dirigido al Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío.

DEDICATORIA

Como muestra del constante apoyo que hemos recibido a lo largo de nuestra carrera universitaria, este logro se lo debemos dedicar a quienes han hecho posible que cada paso logrado en lo concerniente a nuestra formación académica superior se lleve a cabo y con éxito.

Por ello una mención especial a quienes son nuestros padres y que hemos querido hacer hincapié en el logro alcanzado con el desarrollo del presente proyecto de tesis y así mismo llegar a obtener el título de ingenieros en “Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial”.

RESUMEN EJECUTIVO

Dados los diferentes estudios tanto de campo como de gabinete se ha llegado a obtener diferentes resultados que pueden ser puestos en consideración como bases para futuros estudios que cuenten con el capital necesario para los diferentes procesos concernientes.

Se utilizó métodos de campo como la observación directa para el reconocimiento de las diferentes características presentes en el área de estudio y por ende la elaboración de las fichas técnicas de caracterización de movimientos en masa obtenidas en la Universidad Nacional de Loja, así como también el formato para el inventario de movimientos en masa versión 1.0" utilizado por el Proyecto Multinacional Andino; Geociencias Para Las Comunidades Andinas (PMA-GCA); así mismo se procedió a la elaboración de calicatas para conocer sus distribución y determinar la geología local, de igual manera con una estación topográfica (Trimble 5000 serie DR 200) se procedió a realizar el levantamiento topográfico de los diferentes movimientos en masa detectados en el área de estudio para lo cual nos georeferenciamos con la ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y la toma de coordenadas UTM tanto en X, Y y Z; para posteriormente ser analizados con la ayuda de herramientas software como por ejemplo (ARGIS 9.2) y (AUTOCAD 2008).

Se ha llegado a identificar que en el tramo de la vía Loja-Landanguí; existen deslizamientos de los cuales se tiene un número de diez, así mismo se ha llegado a determinar cuáles son los factores condicionantes y desencadenantes como lo son las precipitaciones, pérdida del pie de talud y vibraciones del terreno por el paso de vehículos.

Dentro de los estudios de gabinete, mediante el uso de herramientas SIG como el software (ARGIS 9.2) permitieron desarrollar un sinnúmero de mapas que

han sido establecidos de acuerdo a los trabajos realizados en el área de estudio y a los requerimientos para la obtención de un mapa de susceptibilidad.

Dada la creación de los diferentes mapas se tiene algunos que son importantes como lo son el topográfico y geológico, pero los mapas que más sobresalen son los de pendientes, geología, vegetación e isoyetas; mismos que son necesarios para la obtención de un mapa de susceptibilidad que será a lo que se quiere llegar como resultado final en cuanto a mapas se refiere.

En lo concerniente al mapa de susceptibilidad se valoró zonas de muy baja, baja, media, alta y muy alta susceptibilidad; de donde el área de zonas de muy baja susceptibilidad representa 329 Ha y abarca el 2.4 %, el área de baja susceptibilidad representa 6121 Ha y abarca el 44.5%, el área de media susceptibilidad representa 6888 Ha y abarca el 50%, el área de alta susceptibilidad representa 418 Ha y abarca el 3.03 % y el área de muy alta susceptibilidad de acuerdo a las variables y pesos utilizados no se obtuvo áreas que estén dentro de esta clasificación.

Se ha considerado dos deslizamientos para fines de estudio teniendo en cuenta su área, de donde se tiene que el deslizamiento (DVL-L4) presenta un área de 15.25 Ha y el deslizamiento (DVL-L7) tiene un área de 17,38 Ha; para lo cual se han establecido medidas de previsión como terraceo, drenajes y muros que se detallan más adelante en la consecución del proyecto de estudio.

Teniendo en cuenta características presentes en la zona de estudio se ha elaborado un mapa de inventarios y un mapa de susceptibilidad de movimientos en masa y así otorgar a las entidades pertinentes la difusión de este mapa y que puedan darse a conocer a la sociedad para de esta manera evitar que se den construcciones en estas áreas y por ende pérdidas humanas así como económicas.

EXECUTIVE SUMMARY

Given the different studies as both field cabinet has come to get different results that can be put into consideration as a basis for future studies that have the capital needed for the different processes involved.

We used field methods such as direct observation to recognize the different characteristics in the study area and hence the development of the details of characterization of mass movements from the Universidad Nacional de Loja, as well as format for the inventory of mass movements in version 1.0, used by the Multinational Andean Project, Geoscience for Andean Communities (MAP-GAC), also saw the development of its distribution calicatas to hear and determine the local geology, so with a Trimble 5000 series topographic was carried out the survey of the various mass movements detected in the study area for which we are georeferenced using a GPS and taking in UTM coordinates X, Y and Z ; then be analyzed using software tools such as (9.2 ARGIS) and (AUTOCAD) 2008.

It has been identified in the section of road Loja-Landangui there are slides which have a number ten, and it has come to identify the factors and triggers such as rainfall, loss of foot of slope and ground by the vibrations of passing vehicles.

Within the cabinet studies, using tools such as GIS software (ARGIS 9.2) allowed to develop a number of maps that have been established according to the work performed in the study area and the requirements for obtaining a map susceptibility.

Given the creation of the maps have some that are important as are the topographical and geological maps, but most stand out are the slope, lithology, vegetation and isohyet; themselves that are necessary to obtain a susceptibility map that is what they want to get as a final result in terms of maps are concerned.

With regard to map areas of susceptibility was assessed very low, low, medium, high and very high susceptibility, where the area of areas with very low susceptibility is 329 Ha and includes the 2.4%, the low susceptibility area represents 6121 ha and covers 44.5%, half the area of 6888 Ha susceptibility is 50% and covers the area of high susceptibility is 418 Ha and covering 3.03% of the area and very high susceptibility according to the variables and weights used do not areas that are obtained within this classification.

It was considered two slides for study in view of their area, where he has to slip DVL-L4 shows an area of 15.25 Ha and DVL-L7 has an area of 17.38 ha, which have been established measures of foresight as terracing, drainage and retaining walls which are detailed further in pursuing the study.

Taking into account features in the study area has produced a map inventory and a map of susceptibility to mass movements and giving the actors the dissemination of this map and can make themselves known to the society for this given way to avoid building in these areas and therefore human and economic losses.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Antecedentes.....	4
Estrategia.....	6
Alcance.....	7
1. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEORICO.....	8
1.1. Movimientos de masa.....	8
1.2. Susceptibilidad.....	12
1.3. Necesidades del estudio de movimientos de masa.....	13
1.4. Interrelación de la ingeniería geológica.....	14
1.5. SIG.....	15
1.6. Descripción General del área de estudio.....	18
1.6.1. Accesos.....	18
1.6.2. Ubicación administrativa.....	19
1.6.3. Localización Geográfica.....	20
1.7. Topografía.....	22
1.8. Geomorfología.....	22
1.9. Geología Regional.....	24
1.10. Geología Estructural.....	29

2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
2.1.	Introducción.....	31
2.2.	Trabajos de Campo.....	32
2.3.	Trabajos de Gabinete.....	33
2.4.	Bases sobre la información requerida para el análisis de Deslizamientos.....	35
2.5.	Bases para la obtención de datos.....	37
2.6.	Metodología utilizada para topografía y pendientes.....	39
2.7.	Metodología utilizada para obtención de geología local.....	42
2.7.1.	Muestreo de rocas y suelos.....	42
2.8.	Datos referidos a Escenarios de Precipitación.....	43
2.9.	Tipos de Cobertura.....	44
2.10.	Análisis de factores condicionantes.....	45
2.11.	Análisis de factores desencadenantes.....	46
2.12.	Condiciones antrópicas del sector.....	47
2.12.1.	Condiciones socio – económicas del sector.....	47
2.13.	Condiciones de vulnerabilidad.....	48
2.14.	Metodología para el Análisis y estimación del factor de seguridad....	48
3.	RESULTADOS.....	54
3.1.	Inventario de deslizamientos en el sitio de estudio.....	54
3.2.	Geología Local.....	58
3.3.	Resultados de las Muestras de Rocas y Suelos.....	64
3.3.1.	Resultado de la muestra de roca.....	64

3.3.2.	Resultados de la muestra de suelo.....	67
3.4.	Clima e Hidrología.....	72
3.4.1.	Clima.....	72
3.4.2.	Hidrología.....	76
3.5.	Infraestructuras lineales.....	78
3.6.	Suelos.....	80
3.6.1.	Uso actual del Suelo Agrícola-Agropecuario.....	80
3.6.2.	Uso potencial de los suelos.....	82
3.6.3.	Capacidad Productiva de la Tierra y Pendientes.....	83
3.7.	Áreas de extracción minera.....	84
3.8.	Bosques protectores y Áreas de interés ambiental.....	84
3.9.	Áreas de patrimonio arqueológico.....	85
3.10.	Variables utilizadas en el análisis de deslizamientos para el sector de estudio.....	85
3.10.1.	Análisis de Susceptibilidad a Movimientos en Masa.....	88
3.10.2.	Conclusiones parciales.....	90
3.11.	Medidas de Previsión y Prevención de Riesgos.....	91
3.11.1.	Introducción.....	91
3.11.2.	Medidas de previsión.....	92
3.11.2.1.	Identificación del área de estudio.....	92
3.11.2.2.	Diseño de las principales medidas de previsión.....	92
3.11.2.3.	Cronogramas y presupuestos referenciales.....	109
3.11.3.	Medidas de prevención.....	113

3.11.3.1.	Planes de información, difusión y capacitación.....	113
3.11.3.2.	Plan de gestión de riesgos.....	114
3.11.3.3.	Aplicación de tecnologías de monitoreo.....	116
4.	DISCUSIÓN.....	121
5.	CONCLUSIONES.....	125
6.	RECOMENDACIONES.....	127
7.	BIBLIOGRAFIA.....	128
8.	ANEXOS.....	130

INTRODUCCIÓN

Durante el paso de los años se han dado un sinnúmero de eventos geológicos que han sido catalogados como desastres naturales, y con el paso de los años se ha hecho hincapié en que las obras antrópicas son también un factor potencial para el desarrollo de estos fenómenos geológicos.

La acción de la gravedad, el debilitamiento progresivo de los materiales debido principalmente a la meteorización y la actuación de otros fenómenos naturales y ambientales hacen que los movimientos del terreno sean relativamente habituales en el medio geológico.

Las pérdidas económicas por estos tipos de fenómenos de movimientos en masa son de enorme afectación ya que cierra las vías de paso y por ende se verá afectada el comercio de los distintos productos de intercambio así como también el turismo, como por ejemplo el deslizamiento ocurrido el 6 de mayo del 2008.

Los deslizamientos son movimientos en masa de suelo o roca que se encuentran moviéndose relativamente respecto al sustrato sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies.

La masa generalmente se desplaza en un conjunto, comportándose como una unidad de recorrido; la velocidad puede ser muy variable pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios miles de metros cúbicos). En ocasiones cuando el material es deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (Por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo, así mismo los deslizamientos pueden ocasionar avalanchas rocosas.

Objetivos.

Objetivo General.

- Identificar zonas susceptibles a movimientos en masa en el tramo Loja - Landangui. Provincia de Loja.

Objetivos Específicos.

- Identificar los principales movimientos en masa existentes en el tramo Loja – Landangui.
- Determinar cuáles son los factores condicionantes y desencadenantes por lo cual se activan estos fenómenos de movimiento de masa.
- Elaborar un mapa de inventario de movimientos en masa en la zona de nuestro estudio.
- Crear una base técnica que pueda ser utilizada por las diferentes entidades públicas y privadas para información de la sociedad.

Antecedentes

La parte sur del país como es la provincia de Loja se ha visto afectada por fenómenos de movimientos en masa como son los deslizamientos, hundimientos, reptación de suelos, entre otros; mismos que a su vez se producen por la consecuencia de factores tanto naturales así como antrópicas.

La vía Loja - Malacatos está catalogada de primer orden, tiene una distancia de recorrido de 30 Km en la cual se están realizando trabajos de mantenimiento teniendo como objetivo colocar una nueva capa asfáltica de 15 cm; misma que casi en su totalidad se ha completado los trabajos de mantenimiento.

En el área de estudio existen 10 movimientos en masa específicamente 9 deslizamientos y 1 desprendimiento identificados por factores desencadenantes como la modificación geométrica del talud y factores climáticos los mismos que durante el tiempo de precipitaciones que van desde enero-abril se activan y se tornan un problema ya que causan una serie de problemas a lo largo de la vía dificultando el acceso a las diferentes poblaciones aledañas.

Cabe mencionar que existieron obstrucciones de la vía en los años 2005, 2007, 2008; en periodos comprendidos entre enero-abril que es donde se presentan mayores valores de precipitaciones.

Durante las etapas de elaboración de la vía no se realizaron estudios geológicos ni mucho menos estudios geotécnicos, por lo que en el transcurso de los años se ha venido dando un sinnúmero de eventos de movimientos en masa como son los antes mencionados lo cual sin duda alguna repercutirá en el desarrollo económico de la parte sur de la provincia de Loja.

Dentro del progreso económico de los pueblos está presente el contar con una excelente red vial para lograr propósitos de desarrollo productivo, cultural así como de turismo; por ende las diferentes entidades encargadas de realizar estos proyectos viales deben cumplir con los distintos parámetros técnicos y con ello alcanzar el desarrollo económico que estos trabajos pueden ofrecer en el medio en el cual se van a construir.

Con la consecución del presente proyecto se busca plantear posibles soluciones a los problemas que provocaría la inestabilidad del terreno, acompañada por factores condicionantes y desencadenantes específicamente en el tramo Cajanuma–Landanguí, para así adecuar acorde a las condiciones del lugar el uso ordenado y equilibrado ambientalmente del territorio enmarcada dentro del desarrollo sustentable en busca del mejoramiento de la calidad de vida de las personas que se ven afectadas por el mismo.

Estrategia

La puesta en marcha del presente proyecto se dio mediante la aprobación de las autoridades del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables correspondiente a la Universidad Nacional de Loja.

Para lo cual se ha puesto en consideración a las diferentes autoridades encargados de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial el tema del presente estudio a realizar y así mismo contribuir con la sociedad en lo concerniente a cuáles son las principales amenazas a deslizamientos en la vía Loja-Malacatos, mediante la elaboración de un mapa de inventario y mapa de susceptibilidad.

Alcance

Debido al incremento de la sociedad, las áreas libres se han visto en la necesidad de ser ocupadas y de esta manera solventar la necesidad de obras de infraestructura para alojamiento de la cual necesitan las familias.

Por esta razón se ha creído conveniente la necesidad técnica de realizar el proyecto sobre la identificación de zonas susceptibles a movimientos en masa en la vía Loja - Malacatos en el tramo comprendido entre Loja - Landanguí; y con esto dejar una base técnica superficial para futuros estudios que cuenten con mejores recursos económicos y puedan establecer los estudios necesarios.

De esta manera el desarrollo del presente proyecto servirá para mejorar el entendimiento de cuáles son las áreas propensas a sufrir movimientos en masa como deslizamientos y cuáles pueden ser las obras de infraestructura a adecuar como drenes y taludes para prevenir pérdidas humanas así como también económicas (teniendo en cuenta que exista el capital necesario, que en este caso no existe).

1. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

1.1. Movimientos de masa

Consiste en el movimiento de partes del terreno (pedazos de roca y porciones de suelo) que se despedazan sobre las pendientes debido a factores naturales o acciones humanas.

La remoción de estos materiales rocosos y suelos (movimientos en masa) puede ser de cinco clases diferentes a saber: caída, volcamiento, deslizamiento, flujos y reptación.

- **Caída:** es el movimiento brusco de una masa rocosa, desprendida de un terreno empinado que desciende a través del aire por caída libre, por saltos o rodando puede estar o no precedido por movimientos menores y debido a la rapidez con que se produce las caídas prácticamente es imposible eludirlas o prevenirlas.

Las rocas desprendidas son depositadas usualmente a media ladera en donde el terreno es un poco más plano, dando lugar a los depósitos de ladera. Estos pueden ser acumulaciones de piedra (Talus) o acumulaciones de piedra y tierra (coluviones).

- **Volcamiento:** consiste en el giro hacia adelante de uno o varios bloques de roca alrededor del punto donde están sostenidas, bien sea por la acción de la gravedad o por la acción del agua.

En el volcamiento no existe separación física en el área de los bloques de roca que se mueven, el movimiento es similar al volcamiento de los libros dentro de un estante.

- **Deslizamiento:** son desplazamientos abruptos hacia afuera y hacia debajo de masas rocosas o suelos, y se puede presentar de dos formas:
 - Deslizamiento Rotacional: Los desplazamientos ocurren o tienen lugar a lo largo de una superficie de ruptura de forma curva o cóncava.
 - Deslizamiento Traslacional: Consiste en el desplazamiento de una masa a lo largo de una superficie de ruptura de forma plana u ondulada.¹

El material se mueve como una masa única, no como varios elementos que se mueven a la vez. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. Esta superficie se crea por la absorción de agua a una profundidad determinada, lo que implica un cambio de densidad de la capa subyacente que es lo que provoca la existencia de un plano de deslizamiento. Afecta tanto a tierras poco compactas como a rocas.

Los deslizamientos de tierra afectan a material meteorizado y poco compacto, que carece de debilidades estructurales. La superficie de deslizamiento aparece sobre un basamento arcilloso saturado de agua. Esta superficie de deslizamiento se crea a lo largo de períodos dilatados de tiempo, el suficiente como para que una determinada capa arcillosa absorba el agua necesaria para permitir el deslizamiento del material superior. Son capas arcillosas las que, generalmente funcionan como superficies de deslizamiento por su capacidad para retener el agua.

¹ LIMA DE MONTES; Generación de mapas de susceptibilidad y riesgos a los deslizamientos mediante un SIG aplicado a la zona central de Asturias.

Dependiendo de la profundidad a la que se encuentre la superficie de deslizamiento el movimiento en masa puede ser superficial, y que afecta a poco volumen, o profundo, y que afecta a grandes volúmenes. En este caso presenta un perfil cóncavo que imprime a la masa, en el deslizamiento un movimiento de rotación.

Los deslizamientos también pueden afectar a rocas compactas, si en ellas se encuentra una discontinuidad que funcione como superficie de deslizamiento, también se llaman deslizamientos en lámina o en capas. En la roca debe encontrarse una fisura que al alterarse y humedecerse el plano en el que se encuentra, permite el deslizamiento de la parte superior de la roca a lo largo de la pendiente por gravedad.

Estos fenómenos son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta. Si bien la gravedad que actúa sobre las laderas es la principal causa de un deslizamiento, su ocurrencia también depende de las siguientes variables:

- Clase de rocas y suelos
- Topografía (lugares montañosos con pendientes fuertes)
- Orientación de las fracturas o grietas en la tierra.
- Cantidad de lluvia en el área.
- Actividad sísmica.
- Actividad humana (cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.).
- Erosión (por actividad humana y de la naturaleza).

Aunque los deslizamientos o derrumbes de ladera no son tan espectaculares ni causan destrozos de las proporciones de otras catástrofes naturales como los terremotos o las erupciones volcánicas, son

mucho más frecuentes en nuestro medio y las pérdidas que ocasionan pueden ser mayores.

➤ **Flujos:** la masa fluye o corre ladera abajo con menor o mayor velocidad según la cantidad de agua que contenga, se distingue tres clases de flujo:

- Flujos de Tierra: son movimientos lentos de escombros blandos o masa viscosa como una jalea: tierra humedad, capa vegetal y algo de roca menuda.
- Flujo de lodo: en la medida en que la masa absorbe más agua debido a la intensidad y la duración de las lluvias, por ejemplo, ésta se empapa, se vuelve más blanda, fluye con mayor rapidez, pierde consistencia y se transforma en flujo de lodo.

La velocidad del flujo aumenta también debido a la inclinación del terreno.

- Avalancha: si la pendiente es fuerte el movimiento de la masa puede adquirir una velocidad mucho mayor y entonces pasa de ser flujo para convertirse en avalancha.

La avalancha es un extremo de los flujos debido a la gran velocidad que alcanza y por consiguiente la capacidad destructiva llega a ser mayor.

La energía de este movimiento arrastra piedra gruesa, cascajo, arena, lodo, árboles y demás desechos que encuentre a su paso.

- **Reptación:** corresponde a desplazamientos lentos del terreno en el que no se manifiesta una rotura de la masa.

Es decir, el terreno se va desplazando o reptando como a la manera de una serpiente sobre la superficie terrestre.

La reptación se manifiesta en climas tropicales y templados como desplazamientos muy lentos (de 1 a 5 cm por año) de la pared superficial del terreno aún en laderas de pendiente moderada y con cobertura vegetal.

El fenómeno de reptamiento llega a evidenciarse por deformación en afloramientos del suelo o roca, la separación del suelo en contacto con grandes bloques de roca resistente, la migración de estos y la inclinación de árboles, postes, cercas o puentes.

Mediante la reptación del terreno, especialmente algunas casas campesinas pueden irse inclinando sin llegar a derrumbarse o pueden también presentarse agrietamientos en sus paredes.²

1.2. Susceptibilidad

La susceptibilidad es la potencialidad de un terreno o área a la ocurrencia de deslizamientos y no implica el aspecto temporal del fenómeno.

La metodología usada para el estudio de la susceptibilidad de movimientos en masa en una zona, es un proceso de análisis de los factores que los condicionan.

Los sistemas de información geográfica permiten realizar dicho análisis mediante superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, gracias al establecimiento de bases de datos asociadas.

² Pablo Enrique Caro Peña y Jesús García Núñez; Fenómenos de Remoción en Masa”.

Los factores que intervienen en el análisis de susceptibilidad se cuantifican mediante variables, que se les asignan un valor numérico a cada factor en función de su importancia en la probabilidad de que se produzcan deslizamientos en una zona y del riesgo de estos para la actividad humana.

La cuantificación de estos factores se presta a la subjetividad, aunque es obvio que unos factores son más decisivos que otros.³

1.3. Necesidades del estudio de movimientos de masa

Dada la importancia que implica para los diferentes ámbitos de interés ya sea social así como económico como por ejemplo daños a obras de infraestructura presentes, el estudio de movimientos en masa se hace necesario y sobresaliente para tener en cuenta en la ejecución de las diferentes obras a realizar.

Por lo que, con la anticipación de un estudio de movimientos de masa se puede proveer cuales son las zonas de riesgo consideradas y en que escala se hallan, para hacer un breve análisis de las posibles consecuencias que podría conllevar la no realización de estudios de estas características y cómo repercutirá en la economía del medio en la que podría suceder dicho impacto.

La realización de un estudio de movimientos de masa es considerado como la etapa previa para el desarrollo de la sociedad de forma segura y conociendo los diferentes fenómenos que implica un movimiento de masa ya sea desde deslizamientos, caída de rocas, reptación y solifluxión.

Dadas estas menciones se cree conveniente que en todo sector propenso a fines urbanísticos o ya sea la realización de vías, es conveniente hacer las

³ Programa UNIGIS de Postgrado y Máster Internacional a distancia en SIG. Memoria Digital

gestiones necesarias para realizar un estudio tan importante como es el movimiento de masa.

1.4. Interrelación de la ingeniería geológica

La interrelación de la ingeniería geológica se da por ser parte fundamental de otras ingenierías como por ejemplo la civil, ya que contempla como su nombre lo indica en el estudio de la tierra y se relaciona con las obras civiles que se pueden realizar en un espacio determinado teniendo en cuenta características geológicas para mejorar el fin con el que se pretende dar cualquier obra que fuese.

La ingeniería geológica es base fundamental mediante estudios determinados característicos de un ingeniero geólogo acerca de que terreno es apto o no para la adecuación de un proyecto que se piense poner en marcha como por ejemplo la construcción de una obra de previsión como es un muro, ya que presenta estudios previos de cómo está compuesto el suelo, material presente, contenido de humedad y hasta como están dados sus estratos para por consiguiente entrar a interrelacionar con un ingeniero civil acerca de la construcción de este muro y cuáles son las especificaciones técnicas que se necesita como por ejemplo que volumen será necesario en su estructura y la dosificación de la misma.

Así mismo hay que mencionar que se puede relacionar con algunas otras ingenierías como lo son: agrónomos, forestales, meteorólogos, entre otras; mismas que pueden otorgar datos necesarios para la consecución de un proyecto como por ejemplo realizar un mapa de susceptibilidad.

1.5. SIG

- **SIG:** El análisis de amenaza a los deslizamientos requiere de la modelación de interacciones complejas entre un número grande de factores parcialmente inter-relacionados y de la evaluación de las relaciones entre varias condiciones del terreno y ocurrencia de deslizamientos.

Los sistemas de información geográfica son un sistema muy útil para resolver los modelos que permiten zonificar las amenazas, debido a que permite el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes factores de terreno como capas de datos.

La recolección de los datos y su estructuración representa entre el 70 y el 80% del costo de un mapa de riesgos⁴.

La actualización de datos para complementar un mapa generalmente, es un costo muy similar al de la obtención de la información del primer estudio.

La recolección de los datos y su estructuración debe contener:

a. Bases cartográficas homogéneas a una escala específica, en la cual los niveles climáticos dentro de la misma base deben ser coherentes unos con otros, por ejemplo deben tener la misma escala de trabajo y el mismo sistema de proyección geográfica.

b. Estructuración de la información en niveles. Las bases de datos deben ser estructuradas por elementos temáticos independientes, cada uno de los cuales

⁴ Leroi E. (1996); Landslide hazard – Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments.

debe contener información que es homogénea, tanto en el contenido como en su origen. Se debe incluir la fuente de la información, la fecha y validez, la escala, y el sistema utilizado de coordenadas.

Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial.⁵

El primer sistema de información geográfica computarizado fue desarrollado en los años 60', pero su real utilización empezó aproximadamente en 1980. Generalmente, un sistema de información geográfica consiste de los siguientes componentes:

1. Entrada de datos y verificación
2. Almacenamiento y manipulación de datos.
3. Transformación y análisis de datos.
4. Salida y presentación de información.

En la actualidad hay muchos sistemas diferentes, los cuales difieren entre sí con respecto a:

1. Tipo de estructura de datos
2. Técnicas de compresión de información
3. Dimensión (dos o tres dimensiones)

⁵ Burrough, P.A. (1986); Principles of Geographical Information Systems and Land Resources Assessment.

4. Hardware requerido

5. Interface de usuario

Un sistema ideal de utilización de un SIG para zonificación de amenaza de deslizamientos es su combinación con capacidades de procesos de imágenes, tales como aerofotografías escaneadas e imágenes de satélite, por esta razón el sistema “raster” es el más útil. El sistema debe ser capaz de desarrollar análisis espacial sobre mapas múltiples y tablas de atributos.

Las funciones necesarias incluye la superposición de mapas, reclasificación y otras funciones espaciales que incorporen condicionantes lógicas o aritméticas. En muchos casos la modelación de deslizamientos requiere la aplicación interactiva de análisis similares, usando parámetros diferentes. Por lo tanto, el SIG debe permitir el uso de grupos de archivos y macros para ayudar a desarrollar estas iteraciones.

Como la mayoría de los grupos de datos requeridos para el análisis de proyectos de zonificación son relativamente pequeños, generalmente de menos de 100 megabytes, ellos pueden ser acomodados en computadores personales.

Las ventajas de utilizar SIG para la zonificación de amenazas de deslizamiento son las siguientes:

1. Se puede utilizar una mayor variedad de técnicas de análisis, debido a la velocidad de los cálculos y a que las técnicas complejas requieren la superposición de un número grande de mapas y tablas.

2. Es posible mejorar los modelos, evaluando los resultados y ajustando las variables de entrada. En ocasiones se utiliza un sistema de prueba y error, corriendo el modelo varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.

3. Generalmente, en el transcurso del análisis se obtiene nueva información, la cual puede ser actualizada rápidamente en los modelos.

Las desventajas del uso de los SIG, para la zonificación de amenazas de deslizamiento son el tiempo relativamente largo de digitalización y el peligro de poner mucho énfasis en el análisis de datos con poca influencia de la experiencia profesional, la cual es muy útil y generalmente, indispensable para que el modelo no termine siendo un ejercicio teórico no aplicable.

1.6. Descripción General del Área de Estudio

1.6.1. Accesos

El acceso al punto de inicio de la zona de estudio se lo realiza por la vía de primer orden que lleva desde la ciudad de Loja saliendo desde la parte sur de la misma a unos 10 min en vehículo específicamente desde el sector rural donde se encuentra la entrada del nudo de Cajanuma o (Caxarumi) hasta la parroquia Landangui perteneciente al cantón Malacatos con un tiempo aproximado de 30 min y una distancia de 30 km.

Durante el trayecto de la vía encontraremos los distintos fenómenos de movimientos en masa de los cuales se hacen referencia en el presente proyecto, razón por la cual se pueden apreciar sin tener la necesidad de seguir senderos ni mucho menos.

A modo de recomendación se debe decir que se tiene que tener cuidado en cuanto al recorrido vehicular ya que por motivo de la existencia de una falla geológica que está atravesando la vía en el km 15 donde se encuentra el DVL-L7, y que se ha visto afecta con ondulaciones las mismas que se pueden tornar un peligro al no tener en cuenta estos aspectos y llevar altas velocidades y por ende producirse accidentes.

Tabla N° 1; Tabla de Distancias	
Tramos	Distancia (Km)
Loja-nudo de Cajanuma	7
Nudo de Cajanuma-Landanguí	17,5
Landanguí-Malacatos	5,5

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

1.6.2. Ubicación Administrativa

El área de estudio se encuentra localizada en la región sur de la provincia de Loja, específicamente la vía de estudio es la que se encuentra distribuida desde el sector de la entrada del nudo de Cajanuma (Véase Anexos, Foto N° 1), hasta la parroquia Landanguí (Véase Anexos, Foto N° 2), teniendo así como los límites los cantones Loja y Malacatos.

1.6.3. Localización Geográfica

Se encuentra ubicada en la sierra austral del Ecuador con un terreno montañoso y con altitudes que varía entre 1200 y 3700 msnm y entre las coordenadas UTM X: 699470 Y: 9548740 (CAJANUMA); y X: 697245; Y: 9535322 (LANDANGUI); además esta cruzada por el río Malacatos. Toda esta zona pertenece a la cuenca de Malacatos con un clima cálido seco. (Véase figura N° 1).

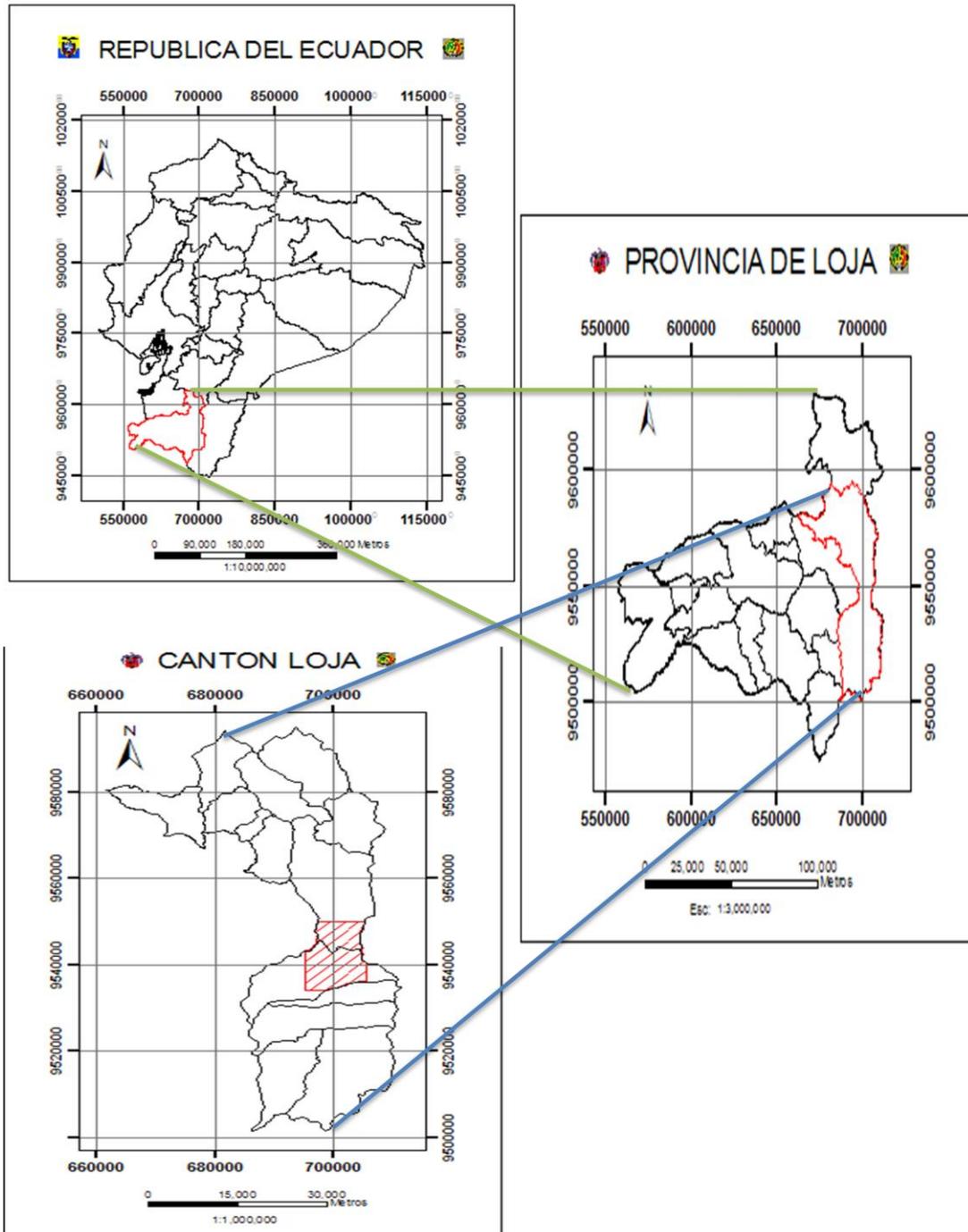


Figura N° 1, Ubicación Política-Administrativa del área de estudio.

1.7. Topografía

La topografía general del área de estudio se la obtuvo de la carta topográfica de Vilcabamba a escala 1:50000 elaboradas por el IGM en el año 1974 y de registros de campo que se obtuvieron en las constantes salidas que fueron necesarias para este fin.

Se procedió a la elaboración de un mapa topográfico netamente limitando el área de estudio de donde presenta que topográficamente está constituido por montañas altas ramificadas con pendientes mayores al 50% y elevaciones que van desde 1560 msnm hasta 3400 msnm encontrándose estas en la parte oriental del área de estudio, de igual forma se encuentran montañas medias y bajas ramificadas que comprenden pendientes mayores al 50% y alturas que llegan hasta los 3400 msnm, también existe la presencia de colina altas con pendientes que van desde el 26% al 50% y elevaciones que van desde 2320 msnm hasta 2760 msnm.

La dirección preferente de las montañas es Norte-Sur, paralela a la vía Loja-Malacatos misma que presenta pendientes que van de 0% al 50%, factores que condiciona a la vía en su trazado. (Véase Anexo, Mapa N° 1).

1.8. Geomorfología

El área de estudio se encuentra en la parte sur de la provincia de Loja, está constituido por montañas altas ramificadas en rocas metamórficas y migmatitas con pendientes mayores a 50% y elevaciones que van desde 1560 hasta 3400 msnm las cuales se encuentran en la parte oriental del área de estudio y menor proporción en la parte occidental, haciendo presencia la cordillera Sabanilla y Tzunantza con relieves estructurales fluvioerosionales.

Sobre la parte norte, occidente y central del área de estudio predominan montañas medias y bajas ramificadas en metamórficos del paleozoico y migmatitas del triásico que comprenden pendientes mayores al 50% y alturas desde 2040 hasta 3400 msnm y en la parte norte del área se encuentra la presencia del Nudo de Cajanuma con una elevación de 2320 msnm.

En la parte norte y suroeste se encuentran colinas altas en volcánicos con pendientes desde el 26% al 50% y en algunos casos mayores al 50% y elevaciones que van desde 2320 hasta 2760 msnm, rocas de skarn y metamórficos y de igual forma se encuentran colinas altas estructurales con pendientes mayores al 50% y elevaciones que van desde 1600 hasta 2320 msnm en rocas volcánicas y sedimentos conglomerados.

De igual forma se encuentran adyacentes tanto en la parte norte y suroeste del área de estudio colinas bajas desarrolladas en volcánicos con pendientes del 26% al 50% y colinado bajo en metamórficos con pendientes mayores al 50% y elevaciones que van desde 1560 hasta 2400 msnm.

En lo que concierne a valles aluviales se encuentran distribuidos a modo de franja de 11 km de largo y 250 m de ancho y con pendientes de 6% a 25% y elevaciones que van desde 1560 hasta 1800 msnm en la parte sur del área limitando hasta la parte central del mismo.

Se tiene como último valles coluvio aluviales en la parte norte que comprende una franja de 1 km de largo y un ancho aproximado de 120 m y pendientes del 6% al 15%, (Véase Anexos, Mapa 3).

1.9. Geología Regional

La provincia de Loja desde el punto de vista geológico es una parte de los Andes, se encuentra conformada por rocas metamórficas del paleozoico al este y rocas volcánicas y sedimentarias del cretácico y terciario que ocupan el resto de la provincia. Estas rocas se encuentran discordantes por las intrusiones graníticas las que están asociadas a mineralización acuífera en Zaruma y Portovelo.⁶

Para una mejor apreciación de las formaciones se ha utilizado la carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100000 elaborada por el IGM del año 1975.

Las cuencas de sedimentos terciarios de Loja y Malacatos están conformando las depresiones falladas del basamento o fundamento metamórfico.

➤ **Unidad Chiguinda.**

Las rocas metamórficas forman la Cordillera Oriental a través del Ecuador, caracterizada por ser una secuencia potente e indiferenciada de esquistos moscovíticos-biotíticos, aunque hacia el este se conocen paragneises y gneises graníticos metasomáticos, metamorfismo de más bajo grado (filitas, cuarcitas).

Este tipo de rocas metamórficas de la Unidad Chiguinda están muy bien expuestas en las carreteras que comunica a la ciudad de Loja con Catamayo al oeste y con Zamora al este.

Los esquistos continúan hacia el sur y no sufren discontinuidad al ingresar al Perú, en donde los esquistos del grupo “Excelsior” que son su equivalente,

⁶ Consorcio Binacional (2003); Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira. Estudio de Caracterización Territorial.

yacen discordantemente por debajo de los sedimentos fosilíferos, no metamorfosados del triásico (Grupo Zana) y quizá de cuarcitas del devónico (Formación Ñaupe). Entonces podríamos decir que los esquistos son ciertamente del paleozoico.

Al norte la Unidad Chiguinda comprende gran parte del cinturón metamórfico de la parte sur y central de la Cordillera Real Sin embargo, al este de la cuenca la serie subyace únicamente al lado oriental de la Cordillera (al este del granito Amaluza), Mientras que al oeste aparecen metavolcánicos y metasedimentos de bajo grado de metamorfismo del grupo pante.

➤ **FORMACIÓN SAN CAYETANO**

Este nombre fue introducido por Alvarado. (1967), y Kennerly (1973), debido a litologías similares. Este término fue también usado para la parte media de las series sedimentaria de la cuenca Malacatos - Vilcabamba. De cualquier modo solo los sedimentos de la cuenca de Loja expuestos al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora pueden ser atribuidos a esta formación, en contraste al mapa existente.⁷

Yace cerca del pueblo de San Cayetano. (700.300/9.596.000) está solo presente al este del Río Zamora.

La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales.

⁷ J.B. Kennerley (1973); Geología de la Provincia de Loja en la República del Ecuador. Inf. D.G.G.M., Quito, 1974.

El Miembro Inferior de arenisca de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas. Dentro de las lutitas hay varias capas de carbón. Los conglomerados son acanalados y contienen exclusivamente clastos metamórficos, clasificados pobremente, redondeados e imbricados. Las lutitas contienen gastrópodos y una rica macroflora. Hacia la parte superior el grado de areniscas es fino en el miembro limonitas. Este abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclásticos horizontales. Este fino material aparece horizontalmente estratificado en capas laminadas de 1 a 2 cm. de espesor, El contacto entre las capas individuales es puntiagudo.

Hay también algunas hojas y abundantes gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que se encuentran preservados en estas laminaciones. Parte de las lutitas están silicificadas fuertemente y perturbadas por pliegues slumps y laminación convolucionada en escalas métricas. Hay dos intercalaciones prominentes (3 – 5 m. de espesor) de brecha dentro del miembro de limonitas. El grado de lutitas hacia el miembro superior de arenisca está dominado por areniscas de color marrón y lutitas.

Debido al plegamiento, la estimación del espesor de esta formación es difícil. En adición los diferentes miembros muestran cambios fuertes verticales y laterales. El miembro de limonitas muestran un fuerte enlace hacia margen este de la cuenca, su potencia total puede llegar a 800 m.

La Formación San Cayetano descansa discordantemente en la Unidad Metamórfica Chiguinda. La Formación Quillollaco, sobreyace con una discordancia angular a la Formación San Cayetano. Posiblemente hay una discordancia escasa entre el miembro Inferior de areniscas y el miembro de limonitas que están sobreyaciendo. El contacto al occidente con esta serie es la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora.

Wolf (1876) fue el primero en descubrir la macroflora en los sedimentos de Loja, este material fue reestudiado por Engelhardt (1895) y por Berry (1918, 1929, 1934, 1945). El estudio más reciente fue también realizado por Prof. C. Carrión. Berry, concluyó que el depósito fue en un clima tropical de baja elevación, comparable a las áreas del oriente de la Cuenca amazónica. El abundante esqueleto de pescado no pudo ser estudiado previamente y solo una especie fue identificada por White (1927) como *Carrionellus dumorterei* no es un indicativo de un ambiente específico. Las especies de gasterópodos fue determinado por Bristow y Parodiz (1982) como *Dyris* cf. *Gracilis*. Nuttall (1990) revisó la determinación e identificó las especies como *Dyris tricarinata*. Esta especie es encontrada en el mioceno.

Cuatro muestras de la parte inferior y media de la formación, fueron estudiadas por el método del zircón, determinando una edad entre 13.8 ± 1.2 a 10.0 ± 1.4 millones de años.

➤ **FORMACIÓN QUILLOLLACO**

El nombre Formación Quillollaco fue introducido por Alvarado (1967) y Kennerly, (1973).

El tipo localizado yace en la Quebrada Quillollacu (699.700/9.550.200) en la cuenca de Loja, la formación está aflorando en toda la cuenca, excepto en su borde noroccidental.

Está compuesta por clastos metamórficos redondeados: filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos hasta 50 cm en diámetro. Las capas de conglomerados son hasta 4 m de espesor y a veces canalizadas. Hay también intercalaciones de brechas de matriz sostenida con clastos metamórficos. Estas brechas aparecen principalmente a lo largo del margen oriental de la cuenca. En la parte centro - oeste de la cuenca, las capas de conglomerados son

predominantes. También intervalos menores de arenisca se encuentran interestratificadas.

En la parte sur de la cuenca la potencia llega a alcanzar un máximo de 600 m., mientras que la parte central solo presenta 100 m., a lo largo de la margen este de la cuenca el espesor es de 500 m.

La Formación Quillollaco yace en discordancia angular en la mayor parte de la cuenca (Formaciones Trigal, Belén y San Cayetano) y esta sobrepuestas por depósitos Cuaternarios.

Por la litología similar a la Formación Cerro Mandango de la cuenca Malacatos-Vilcabamba tienen una similar historia de deformación, lo que sugiere una edad Mioceno Tardío.

➤ **FORMACIÓN LOMA BLANCA**

Aflora al este de la provincia compuesta principalmente por aglomerados basal, cubierto por toba aglomerática y flujos de lava, presenta interés hidrogeológico limitada con agua aprovechable únicamente en los manantiales. Morfología irregular con pendiente plana inclinada a montañosa escarpada.⁸

1.10. Geología Estructural

En lo concerniente a estructuras geológicas el área de estudio presenta en el sector del nudo de Cajanuma en la parte noroccidental una falla que divide a la

⁸ Consorcio Binacional (2003); Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira. Estudio de Caracterización Territorial.

Formación Loma Blanca de la Unidad Chiguinda con un rumbo noroeste y buzamiento de 26°NE.

Dirigiéndose hacia el este se encuentra una falla que de igual forma separa a la Unidad Chiguinda a la Formación Loma Blanca, la misma que posee un rumbo NE y un buzamiento 39° NE, que se encuentra aflorando al sur con otra falla inferida con rumbo NE y que se encuentra a la altura de la quebrada Naque y que divide a la Unidad Chiguinda de la Formación Quillollaco.

Los estratos de la Unidad Chiguinda se encuentran sobresaliendo en su mayor dimensión en la parte central del área de estudio con rumbo NE y un buzamiento que van desde 16° a 72°S0.

Los estratos de la Unidad Chiguinda en la parte norte, al límite con la Unidad Loma Blanca tienen un rumbo NO con un buzamiento DE 26° NE.

En la parte inferior de la Unidad Chiguinda presenta una foliación de los estratos con un rumbo preferencial NE y buzamiento de 30° a 54°SE.

Existen sedimentos que se encuentran plegados en un sinclinal asimétrico de eje N-S, alojado en el sector este de la cuenca (Formación Quillollaco).

Sin embargo, los finos estratos de la Formación San Cayetano muestran plegamientos cerrados al este de la cuenca, con la presencia de estratos verticales al fondo del valle, encontrándose en un marcado contraste conglomerado masivo (Formación Quillollaco).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción

Los trabajos de campo son un componente importante en la realización del proyecto ya que son el paso inicial y que se tiene como referencia para seguir una secuencia con fines al propósito que se quiere llegar.

En la elaboración del proyecto es indispensable la aplicación de diferentes materiales ya que sin estos su realización sería nula, así mismo la metodología aplicada en este proyecto se basa en la observación directa y la utilización de herramientas software como (ARGIS 9.2; AUTOCAD 2008) con lo cual se complementará en oficina los trabajos de campo.

La importancia de conocer y saber emplear los distintos materiales a utilizar es de enorme ayuda y se han puesto en práctica las distintas técnicas de aprendizaje en el transcurso de la carrera universitaria para con ello establecer en el campo los diferentes modos de uso y aplicaciones de los distintos materiales establecidos en el presente proyecto para lo cual se tiene los siguientes materiales utilizados.

- GPS.
- Estación TRIMBLE 5000
- Flexómetro.
- Brújula.
- Cámara.
- Martillo geológico.
- Carta topográfica de Rio sabanilla y Vilcabamba a escala 1:50000 elaborado por el IGM en 1976.

- Carta geológica de Gonzanamá a escala 1:100000 elaborado por el IGM en 1976.
- Libreta de apuntes.
- Transporte.

2.2. Trabajos de Campo

Procederemos a realizar una observación de campo para identificar el número de movimientos de masa y describir sus características generales.

La topografía del sector de estudio esta acentuada en la base de datos otorgada por “PREDESUR” y elaboradas en el año 1998, por lo que se procedió a realizar levantamientos topográficos a detalle de los movimientos en masa obteniendo una base a escala 1:1000 Para posteriormente realizar una observación directa de todos los aspectos de relevancia que existan y además describir la geología del área de estudio; en donde mediante el recogimiento de muestras, descripción de afloramientos y además de la elaboración de calicatas se obtendrá como resultado una base geológica.

Las actividades propuestas en este trabajo de campo son las siguientes:

- Reconocimiento de campo.
- Identificación de fenómenos de movimiento de masa.
- Delimitación del área de cada uno de los movimientos.

- Dentro del área de cada movimiento se realizaran las siguientes actividades:
 - Levantamiento topográfico a detalle.
 - Levantamiento geológico.
 - Toma de muestras.

- ✓ Rocas y suelos.

2.3. Trabajos de Gabinete

Esta actividad corresponde a la interpretación de los datos obtenidos en los trabajos de campo y la base de datos obtenidos de “PREDESUR” y elaborados en 1998, mismos que fueron otorgados previos a oficios de petición para la entrega de los mismos.

Para delimitar el área de estudio y ubicar los movimientos de masa como los son los deslizamientos, utilizamos los cartas topográficas antes expuestos dentro de materiales utilizados.

Las actividades a realizarse en la etapa de trabajo de gabinete son las siguientes:

- Recopilación de documentos y bases técnicas digitales:
 - Geológicos (Carta Geológica de Gonzanamá a escala 1:100000.
 - Topográficos (Carta Topográfica de Rio Sabanilla y Vilcabamba 1:50000.
 - Base digital de bosques protegidos de la Provincia de Loja.
 - Base digital de cobertura vegetal del Cantón Loja.
 - Base digital de uso actual del suelo de la Provincia de Loja.
 - Base digital uso potencial del suelo de la Provincia de Loja.
 - Base digital de isoyetas de los Cantones Loja y Malacatos.
 - Base digital de isotermas de los Cantones Loja y Malacatos.
 - Mapa de geomorfología de la Provincia de Loja.

- Interpretación de resultados obtenidos de las muestras, enviadas al laboratorio:
 - Muestras de suelos.
 - Muestra de rocas.

- Interpretación y digitalización de datos tomados en el campo para la elaboración de los siguientes mapas:
 - Mapas topográficos de los movimientos en masa.
 - Mapas geológicos.
 - Mapa de inventario de movimientos de masa.
 - Mapa de pendientes.
 - Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa.

En base a la información que se obtendrán tanto en el trabajo de campo y las diferentes investigaciones bibliográficas procederemos a desarrollar el proyecto en cuestión.

2.4. Bases sobre la información requerida para el análisis de deslizamientos

Expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

Debido a las características propias de las diferentes zonas del área de estudio así como la presencia de lluvia como factor detonante contribuyen a que se desaten los diferentes deslizamientos a lo largo de la vía y específicamente en el área de estudio y lo que hace necesario que se realice un inventario de cuáles son los principales deslizamientos en masa.

El análisis de los deslizamientos se los ha realizado de dos formas.⁹

- **Sistema de observación:** la cual consiste en la observación directa del fenómeno en sí; y los posibles factores condicionantes a la cual están sujetos así como también como repercute la geomorfología de la zona.
- **Sistema de desarrollo teórico:** la cual consiste en mapear el mayor número de factores que se considera puedan afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego se analiza la posible contribución de cada uno de los factores.

Para la elaboración de un mapa de susceptibilidad se tiene en cuenta generalmente tres elementos:

- Inventario de deslizamientos identificados, después de un cuidadoso análisis y correlaciones de campo, se ubica digitalmente sobre el mapa topográfico los movimientos de masa que se han detectado en el área estudiada, (Véase Anexos, Mapa N° 11).
- Topografía y Mapa de pendientes, para la elaboración del mapa de susceptibilidad es importante dibujar previamente un mapa de pendientes (Véase Anexo, Mapa N° 12) adicionalmente a los mapas geológico y de uso del suelo. El objetivo es generar una planta topográfica del área a estudiar delimitando las áreas de pendiente diferente en sectores o fajas de valores previamente establecidos.
- Características Geológicas. El objetivo es definir cuales áreas tienen un comportamiento crítico, si estas se encuentran localizadas en zonas de

⁹ Jaime Suarez Díaz; Deslizamientos y Estabilidad de Taludes.

influencia de corrientes de agua reales o eventuales provenientes de los sistemas de drenaje natural y artificial.

En 1993, KANUNGO propuso criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos, (Véase Tabla N° 2); y así mismo se ha dado de acuerdo al área de estudio pesos estableciendo la siguiente tabla de valoración del grado de susceptibilidad a deslizamientos.¹⁰

Tabla N° 2, Criterios Para Determinar el Grado de Susceptibilidad	
Grado de Susceptibilidad	Criterio
Muy Alta	Laderas con zonas de fallas, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Media	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy Baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Tabla realizada por el Autor (KANUNGO; Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de los deslizamientos.)

¹⁰ KANUNGO (1993); criterios para determinar el grado de susceptibilidad de los deslizamientos.

2.5. Bases para la obtención de datos

La metodología empleada para realizar el levantamiento geológico del sector así como el inventario Movimientos en Masa de la vía Loja-Landangui, se utilizó la “Ficha Técnica de Caracterización Geológica” obtenido en la Universidad Nacional de Loja, así como el “Formato para Inventario de Movimientos en Masa Versión 1.0” utilizado por el Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas, (PMA-GCA); (Véase Anexos; Fichas para Inventario de Deslizamientos y caracterización de macizos rocosos), en donde de acuerdo a los datos analizados se obtuvo la presencia de 10 movimientos en masa presentes en la zona de estudio, de los cuales se ha creído conveniente tratar los dos más importantes en cuanto a su área de influencia siendo estos los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7 (Véase Anexos, Mapa N° 11).

Criterios para la diferenciación de deslizamientos y desprendimientos.

- **Deslizamiento:** para la determinación de la identificación de un deslizamiento se tiene en cuenta los siguientes factores.
 - ✓ Grietas de tracción curvas cóncavas hacia la ladera.
 - ✓ Escarpes curvos con estrías que pueden ser verticales en la parte superior.
 - ✓ Superficies basculadas con encharcamientos.
 - ✓ Contrastes de vegetación.
 - ✓ Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones.
 - ✓ Depósitos convexos lobulados.
 - ✓ Desvío de cauces.
 - ✓ Pendientes entre 44% - 88%.

➤ **Desprendimiento:** para la determinación de la identificación de un desprendimiento se tiene en cuenta los siguientes factores.

- ✓ Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior.
- ✓ Bloques independizados por discontinuidades o fracturas.
- ✓ Grietas tras el talud.
- ✓ Vegetación escasa.
- ✓ Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.
- ✓ Pendientes elevadas mayores a 119% ó 50°.

A continuación se presenta una tabla con el número de deslizamientos y su respectiva codificación y el anexo en el que están representados.

Tabla N° 3; Resumen de Movimientos en Masa			
Código	Deslizamientos	Desprendimientos	Anexo
DVL-L1		x	Mapa 14
DVL-L2	x		Mapa 15
DVL-L3	x		Mapa 16
DVL-L4	x		Mapa 17
DVL-L5	x		Mapa 18
DVL-L6	x		Mapa 19
DVL-L7	x		Mapa 20
DVL-L8	x		Mapa 21
DVL-L9	x		Mapa 22
DVL-L10	x		Mapa 23

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

De los movimientos en masa descritos en la Tabla N° 3; se ha considerado estudiar los dos más importantes teniendo en cuenta su área siendo así estos los deslizamientos (DVL-L4 y DVL-L7).

2.6. Metodología utilizada para topografía y pendientes

- La metodología utilizada para la obtención de la topografía se la realizó mediante la aplicación de un levantamiento topográfico con la estación “TRIMBLE 5000 serie DR 200”; la cual nos arroja datos, estos levantamientos topográficos se los realizó en cada uno de los deslizamientos y los datos se los baja por medio de un software para su posterior dibujo y aplicación dentro del proyecto en estudio.

En cuanto a la georeferencia espacial de los mapas, se utilizó el sistema de coordenadas proyectadas Provisional de Sur América, Datum UTM Zona 17 Sur.prj.

- Una vez terminado el levantamiento topográfico, se procedió a utilizar la base de datos digital topográfica que abarca el cantón Loja y Malacatos proporcionada y elaborada en 1998 por “PREDESUR”; para generar un mapa de pendientes, en el cual se pueden distinguir cinco clases de intervalos que sub clasifican el terreno en igual número de partes lo cual nos permite valorar o asignar pesos diferentes a las distintas áreas generadas a partir de esta clasificación.

El método utilizado para esta clasificación fue el de “Reclassify” utilizado en el sistema de información geográfico “ARCVIEW versión 9.2”.

Se carga en el view los layers del polígono y las curvas de nivel para luego en la pestaña de **3d analyst** en la opción de **Create/Modify TIN** seleccionamos **Create TIN From Features**, dentro de la nueva ventana seleccionamos el layer de curvas de nivel y al lado izquierdo de la ventana en la opción **height source** seleccionamos la capa que consten los datos de las alturas en esta caso la capa se denomina altitud luego seleccionamos la opción **Triangulate as** seleccionamos **soft clip**. De igual manera seleccionamos el layer del polígono en la opción de **Triangulate as** seleccionamos **soft clip** las demás opciones en

este caso por defecto las dejamos con la opción de **None** por último le damos la carpeta de destino y damos OK este archivo por defecto se denomina tim.

Marcamos el layer del tim y vamos a la pestaña de **3D Analyst**, en la opción de **Surface Analysis** y seleccionamos **slope**. Se despliega una nueva ventana llamada **slope** en la opción **output measurement** marcamos la opción **degree**, en la opción **output cell size** damos el valor de tres y damos OK y es generado un nuevo layer llamado por defecto **Slope of tim**.

Marcamos nuevamente la pestaña de **3D ANALYST** y escogemos la opción de **Reclassify**, se crea una nueva pestaña en la cual primero se encuentra la opción de **Input raster** en la cual debe estar seleccionado el layer Slope of tim luego en el cuadro **Set values to reclassify** en la pestaña de **classify** en la opción de **classes** se escoge el número de filas que se desee en nuestro caso 5 y damos un OK, en la columna de **old values** se ingresa los nuevos rangos de pendientes y se da un **OK** y se genera un nuevo layer llamado por defecto **Reclass of Slope of tin** que es un archivo temporal.

El archivo temporal antes mencionado es necesario guardarlo en el formato shapefile para lo cual vamos a la pestaña **Spatial Analyst** escogemos la opción **Convert** y damos un clip sobre **raster to features** y con esto obtenemos un nuevo shapefile con el cual se puede trabajar.

Tabla N° 4; Clasificación de Pendiente			
Clase	(%)	G°	PESO
Muy baja	0 – 15	0 - 8.5	1
Baja	15 – 30	8.5 - 16.7	2
Mediana	30 – 50	16.7 - 26.6	3
Alta	50 – 100	26,6 – 45	4
Muy alta	> 100	> 45	5

Tabla realizada por el Autor (Jaime Suarez; Deslizamientos y Estabilidad Taludes).

Tenemos una pendiente media de 53% o 28° y una pendiente
Máxima de 348% o 74°.

Cálculo de Pendientes

La pendiente de un terreno entre dos puntos ubicados en dos curvas de nivel consecutivas es igual a la relación entre el intervalo de las curvas de nivel o equidistancia y la distancia longitudinal que los separa.¹¹

$$P=e/D \times 100$$

En donde:

P = pendiente del terreno en %

e = equidistancia entre curvas de nivel

D = distancia horizontal entre los puntos considerados.

2.7. Metodología utilizada para obtención de geología local

2.7.1. Muestreo de rocas y suelos

- La toma de muestras de rocas se realiza de la siguiente manera:

¹¹ Leonardo Casanova M. Aplicaciones de las curvas de nivel

Se procede a buscar afloramientos sobre el lugar de estudio. (Véase Anexos, Fotos N°3a y 3b); y con la ayuda de un martillo geológico se procede a sacar la roca superficial para llegar a un volumen de muestra de roca que no presente meteorización, fracturas y otros posibles aspectos que harán imposible la realización de los diferentes tipos de análisis, una vez obtenida la roca (esquisto) en el campo se procede a enviarla a hacerla cortar en un cubo de dimensiones de 5 x 5 x 5 cm para de esta manera presentar los resultados y que a continuación se presentan:

- La realización de la toma de muestras de suelos. (Véase Anexos, Fotos N° 4a, 4b, 4c y 4d); se le llevó a cabo de la siguiente manera.

Se procede a determinar cuáles son los sectores más idóneos dentro del área de estudio, en este caso dentro de los deslizamientos son: la corona, sus flancos y el pie.

En la zona del presente estudio se ha creído conveniente realizar calicatas de 2 m de longitud por 2 m de ancho, y con ello empezar la recolección de las respectivas muestras para los distintos tipos de análisis que se crean convenientes realizar.

Las muestras de suelos son recolectadas en sacos de yunte en volúmenes de un quintal ya que es necesario una buena cantidad para los distintos tipos de análisis y siempre será mejor llevar un porcentaje más de muestra que la que se necesita para de esta manera evitar imprevistos.

2.8. Datos referidos a Escenarios de Precipitación

La zona de estudio se encuentra dentro de dos diferentes escenarios de precipitación que son:

750 – 1000 mm/año.

1000 – 1250 mm/año.

Los dos deslizamientos más importantes se encuentran en la zona 1000 – 1250 mm/año, por lo cual viene siendo uno de los factores desencadenantes de gran importancia.

2.9. Tipos de Cobertura

Dentro del área de estudio se encuentra una diversa variedad de especies vegetales a las que se considera como uno de los factores condicionantes para los movimientos en masa.

Se ha considerado la siguiente clasificación:

- Arbórea.
- Arbustiva.
- Herbáceo.

En base a esta clasificación se obtuvo el área de cada una de ellas y su equivalencia en porcentajes.

Tabla N° 5; Tipos de Cobertura		
Tipo	Área(m)	Porcentaje
Arbórea	55 766567	40,52%
Arbustiva	15 497765	11,26%
Herbáceo	66365928	48,22%
Total	137630260	100%

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR

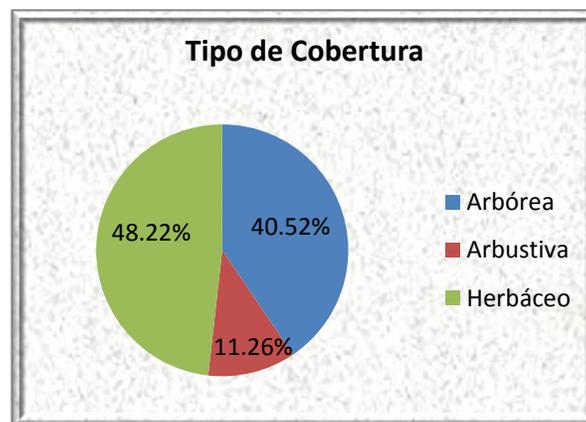


Figura 2. Tipo de Cobertura.

Interpretación de Resultados

Los dos deslizamientos más importantes se encuentran dentro de la zona de vegetación herbácea y a continuación describimos algunas de sus características:

Es una planta que no presenta órganos decididamente leñosos. Los tallos de las hierbas son verdes y mueren generalmente al acabar la buena estación, siendo sustituidos por otros nuevos si la hierba es vivaz.

Cabe mencionar que en estas zonas no existe la presencia de árboles prominentes por lo cual hace que esto no incida en ejercer peso en el talud y que provoque un fenómeno de movimiento en masa.

2.10. Análisis de factores condicionantes

Los factores condicionantes son aquellos denominados también como factores pasivos ya que dependen de su propia naturaleza, forma y estructura del terreno.

En lo concerniente a factor condicionante existe:

- ✓ **Relieve:** se tiene zonas montañosas con pendientes que comprenden el 100% o 45° hasta 373% o 75°; siendo esto un factor por el cual contribuye a que se desate un movimiento en masa.
- ✓ **Geodinámica:** de estudios realizados por otras entidades se ha llegado a saber que existe una falla geológica que afecta a un tramo del área de estudio y que abarca un deslizamiento de grandes dimensiones, dado este conocimiento es obvio decir que el movimiento en masa avanzará según las características presentes en el mismo que le permitan el movimiento.

2.11. Análisis de factores desencadenantes

Llamados también activos, relacionan fuerzas externas que provocan la inestabilidad, los factores externos condicionan la magnitud y velocidad de un movimiento en masa.

En lo concerniente a factor condicionante existe:

- ✓ **Precipitación:** de acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología se ha determinado que en el área de estudio los periodos de lluvias se dan con mayor intensidad en el periodo enero-abril, Los mismo que a su vez incrementan el aporte de agua que puede darse desde distintos canales naturales que existen en las diferentes zonas ya sea en el entorno o dentro del deslizamiento y a su vez provoca la saturación del suelo llevándolo a ganar peso para que con las fuerzas gravitacionales provoquen movimientos en masa como son los deslizamientos.

- ✓ **Aplicación de cargas:** la construcción ya desde hace años de la vía principal que conduce de Loja - Malacatos; ha llevado a proporcionar a la pérdida de estabilidad del ángulo reposo natural del talud y por ende comprende una aplicación de carga.

2.12. Condiciones antrópicas del sector

2.12.1. Condiciones socio – económicas del sector

El desarrollo económico de una sociedad se basa en los distintos tipos de labores de los cuales se obtienen lucros

económicos teniendo como principales sustentos de desarrollo los siguientes:

- Agricultura: es considera la de mayor repercusión dentro de la economía del sector por tratarse de proveer productos de primera necesidad para el consumo humano teniendo sembríos de: maíz, plantas frutales, caña de azúcar entre otros que son la principal fuente de ingresos económicos de los sectores dedicados a la agricultura.
- Minería: debido a la situación geográfica el sector se encuentra atravesado por el Río Malacatos del cual se aprovechan los recursos pétreos que este ofrece obteniendo de tal manera arena, grava y piedras que son de enorme importancia para la construcción en la parte sur de la provincia; por tal razón esta labor se torna en una considerable fuente de ingreso económico del sector.
- Turismo: si bien es cierto las anteriores fuentes de desarrollo económico son importantes esta fuente también tiene su relevante interés y para lo cual es conveniente que se mantengan aptas la vías de acceso a los diferentes lugares turísticos y con esto conservar esta fuente de ingreso que tiene su peso dentro de la economía del sector.

2.13. Condiciones de vulnerabilidad

En el área de estudio, específicamente en cada uno de los dos movimientos en masa se tiene las siguientes obras de infraestructura.

Tabla N°6; Condiciones de Vulnerabilidad	
Condiciones de Vulnerabilidad	
DVL-L4	
Casas	3
Vía	2
DVL-L7	
Casas	2
Vía	1

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

2.14. Metodología para el Análisis y estimación del factor de seguridad

La metodología a utilizar para el análisis y cálculo de riesgo y la obtención de un factor de seguridad es mediante el método de ábacos de HOEK Y BRAY que pone a consideración cinco tipos diferentes de ábacos en función del nivel freático de los taludes, para este caso se tomó el número tres el mismo que por sus características se adapta a las condiciones de la zona de estudio.¹²

El factor de seguridad (F_t) se basa en la relación de fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas inestabilizadoras, teniendo así que:

- Los valores de $F_t > 1$; indican condiciones estables.
- los valores de $F_t < 1$; indican condiciones inestables.
- Y los valores $F_t=1$; indican que la ladera se encuentra en el punto de rotura.

¹² Luis Gonzales de Vallejo (2004); Ingeniería geológica.

Los datos con los que se procede a la realización de los diferentes cálculos que están expuestos más adelante están basados en los respectivos análisis otorgados por el laboratorio (Véase Anexo; análisis del laboratorio) de donde se tiene que las muestras de código d2' pertenecen al deslizamientos de codificación (DVL-L4) y las muestras de código d2 pertenecen al deslizamiento (DVL-L7); así como también de datos obtenidos en el campo y desarrollados en trabajos de gabinete.

DESLIZAMIENTO (DVL-L4)

Muestras código: d2'

Altura de talud (H) = 150 m

Inclinación del talud (Ψ) = 46°

Resistencia del suelo (C) = 1.8 Kg/cm² 18 Ton/m²

Reposo natural (Φ) = 25°

Peso específico del material γ = 2.071

Paso 1

$$= \frac{C}{\gamma H \tan \Phi}$$
$$= \frac{18 \text{ Ton/m}^2}{2.071 * 150\text{m} * \tan 25^\circ}$$

=0.124

Paso 2

$$Q = 0.514$$

$$Q = \frac{\tan \Phi}{F}$$

$$F = \frac{\tan \Phi}{Q}$$

$$F = \frac{\tan 25}{0.514}$$

$$F = 0.91$$

$$\infty = 0.0656$$

$$\infty = \frac{C}{\gamma H F}$$

$$F = \frac{C}{\gamma H \infty}$$

$$F = \frac{18 \text{ Ton/m}^2}{2.071 * 150m * 0.0656}$$

$$F = 0.89$$

Factor de seguridad deslizamiento DV4 = 0.9

- ✓ Obtenidos los pasos 1 y 2; y para comprender su mejor desarrollo de datos (Véase Anexos, Gráfico N° 1).

DESLIZAMIENTO DV7

Muestras código: d2

Altura de talud (H) = 171 m

Inclinación del talud (Ψ) = 40°

Resistencia del suelo (C) = 1.45 Kg/cm² 14.5 Ton/m²

Reposo natural (Φ) = 28°

Peso específico del material (γ) = 2.145

Paso 1

$$= \frac{C}{\gamma H \tan \Phi}$$
$$= \frac{14.5 \text{ Ton/m}^2}{2.145 * 171\text{m} * \tan 28^\circ}$$

$$=0.0743$$

Paso 2

$$Q = 0.576$$

$$Q = \frac{\tan \Phi}{F}$$

$$F = \frac{\tan \Phi}{Q}$$

$$F = \frac{\tan 28}{0.576}$$

$$F = 0.92$$

$$\infty = 0.0435$$

$$\infty = \frac{C}{\gamma HF}$$

$$F = \frac{C}{\gamma H \infty}$$

$$F = \frac{14.5 \text{ Ton/m}^2}{2.145 * 171m * 0.0435}$$

$$F = 0.90$$

Factor de seguridad deslizamiento DV7 = 0.91

- ✓ Obtenidos los pasos 1 y 2; y para comprender su mejor desarrollo de datos (Véase Anexos, Gráfico N° 2).

Interpretación de Resultados.

En lo correspondiente al deslizamiento (DVL-L4) y (DVL-L7) por presentar factores como una altura considerable del talud de 150 y 171 m respectivamente, verse acompañada de pendientes del 83% o 40° y presentar una resistencia del suelo baja se ve propensa a un alto grado de meteorización ya sea por factores climáticos como vientos y lluvias que actúan como el factor detonante para contribuir en la sobrecarga del talud, ya que se ve incrementado el peso por la adsorción de agua y por la infiltración que se produzca llevará consigo la inestabilidad.

De acuerdo a los datos obtenidos de las diferentes operaciones propuestas por (Hoek y Bray) y de acuerdo a los factores antes expuestos se tiene que el primer deslizamiento en estudio ha obtenido un factor de seguridad de ($F=0.9$) y en el segundo deslizamiento se tiene ($F=0.91$); llegando a determinar que de acuerdo a la relación de fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas inestabilizadoras estos dos deslizamientos son catalogados como inestables.

3. RESULTADOS

3.1. Inventario de deslizamientos en el sitio de estudio

En el transcurso de la vía Loja - Malacatos, el tramo en estudio Cajanuma – Landangui se encontró la cantidad de diez movimientos, los cuales se presentan en la siguiente tabla con su respectiva codificación y coordenadas UTM.

Tabla N° 7; Inventario de deslizamientos				
Id	Código	Coordenadas UTM		Área (m²)
		X	Y	
1	DVL-L1	698778	9537366	1697
2	DVL-L2	698637	9538031	17486
3	DVL-L3	699012	9540840	5970
4	DVL-L4	699533	9542308	152512
5	DVL-L5	699259	9543652	36730
6	DVL-L6	699826	9544567	97089
7	DVL-L7	699603	9545945	173883
8	DVL-L8	699219	9546294	43851
9	DVL-L9	699330	9546497	8738
10	DVL-L10	699161	9546986	10004

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Como se mencionó anteriormente en este inventario se realizó el estudio de los deslizamientos (DVL-L4 y DVL-L7), teniendo así y en base a fichas técnicas correspondientes al (P.N.A); mismas que fueron elaboradas en el campo, obteniendo así los siguientes movimientos.

Movimiento 1 (DVL-L4)

Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM:

X: 699602

Y: 9542390

Z: 1884

Se encuentra localizado en la parte Sur del área de estudio, (Véase Anexos, Fotos N° 5a, 5b y 5c) presenta un movimiento traslacional con un longitud de 350 m desde la corona hasta la base y ancho de 320 m desde de sus dos flancos, de donde el movimiento tiene un rumbo N54°E y un buzamiento de 55°SE, en donde la actividad del movimiento se encuentra en estado latente de estilo múltiple y una distribución confinada.

En lo correspondiente a la geología del movimiento (Véase Anexos, Mapa N° 24), se tiene que en la parte superior del movimiento existe suelo residual que contiene suelos de ingeniería como arena en un 20%, fino en un 10% y material orgánico en un 5%, siendo la humedad del suelo ligeramente humedad; así mismo en la parte adyacente al límite del suelo residual y que se prolonga hasta la parte baja del deslizamiento existe la presencia material Coluvial con potencia indefinida que contiene una matriz limosa arenosa que posee detritos angulares con dimensiones de 1 cm a 50 cm; también se encuentra la presencia en la parte adyacente a la vía de primer orden una zona de menor proporción correspondiente a suelo residual con potencia de 20 cm y que está compuesto por limo y arena de coloración gris; existen además la presencia de un afloramiento correspondiente a la Unidad Chiguinda como el esquisto y en donde esta roca se encuentra poco meteorizada y con fragmentaciones, presenta un rumbo de N54°E y un buzamiento de 56°NO; se tiene además la existencia de material aluvial adyacente

al material Coluvial en la parte más baja del deslizamiento el mismo que se encuentra al límite con el Río Malacatos.

El tipo de cobertura de uso de suelo presenta una vegetación herbácea, matorrales, cultivos y construcciones con porcentajes que van desde 80%,10%,7% 3% respectivamente.

La forma del escarpe es semicircular y de donde se aprecia que la longitud es mayor que el ancho; se ha realizado trabajos anteriormente del terreno formando escalonamiento lo que hoy en día se puede apreciar desproporcionado teniendo así daños en el retaludamiento y presentando acumulación de material.

La roca que se encuentra como basamento es de tipo metamórfica de constitución semidura como lo es principalmente el esquisto, así mismo existe la presencia de cuarcitas y pizarras en menor grado.

Posee una foliación milimétrica en algunos sectores y se la considera de tipo apizarrada esta se vuelve sumamente suave al estar expuesta a procesos erosivos.

Las causas del movimiento se dan por encontrarse material meteorizado y la escasa vegetación así como también por las precipitaciones frecuentes que se dan en el período de enero-abril y por la pérdida de talud por la construcción de la vía.

Movimiento 2 (DVL-L7).

Se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas UTM:

X: 699585

Y: 9546036

Z: 2164

Se lo halla en la parte central del área de estudio. (Véase Anexos, Fotos N° 6a, 6b, 6c y 6d); presenta un movimiento traslacional con un longitud de 500 m desde la corona hasta la base y ancho de 220 m desde de sus dos flancos, se encuentra una falla geológica de rumbo N70°E; de donde el movimiento tiene un rumbo N50°E, en donde la actividad del movimiento se encuentra en estado latente de estilo múltiple y una distribución progresiva.

En lo correspondiente a la geología del movimiento (Véase Anexos, Mapa N° 25); se encuentra en la parte oeste del deslizamiento, es decir en su parte superior correspondiente a la corona así como también se la encuentra en la parte baja del movimiento, misma que presenta suelos residuales con potencia de 50 cm y que contiene arcilla, limo y arena de coloración café obscura; también existe la presencia de esquistos meteorizados los cuales se encuentran en la parte superior del movimiento en una franja que abarca la parte central correspondiente a la parte superior del deslizamiento; también se encuentra en la parte adyacente a la vía Loja - Malacatos la Unidad Chiguinda en donde se presentan esquistos con potencias indefinidas y un rumbo N50°E y un buzamiento de 55°SE; así mismo se encuentra adyacente a la Unidad Chiguinda la Formación Loma Blanca que contiene cristales de cuarzo y fragmentos de filitas de más de 4 cm de diámetro; también se tiene la presencia de material aluvial que se encuentra en la parte baja

del movimiento es decir hacia el este y el mismo que se encuentra limitando con el Río Malacatos y que contiene materiales como arena, grava y limos.

El tipo de cobertura de uso de suelo presenta una vegetación herbácea, matorrales, cultivos y construcciones con porcentajes que van desde 70%, 15%, 17% 3% respectivamente.

La forma del escarpe es semicircular y de donde se aprecia que la longitud es mayor que el ancho; se ha realizado trabajos anteriormente del terreno formando escalonamiento lo que hoy en día se puede apreciar desproporcionado teniendo así daños en el retaludamiento y presentando acumulación de material.

La roca que se encuentra como basamento es de tipo metamórfica de constitución semidura como lo es principalmente el esquisto, así mismo existe la presencia de cuarcitas y pizarras en menor grado.

Las causas del movimiento se dan por encontrarse material meteorizado y la escasa vegetación así como también por las precipitaciones frecuentes que se dan en el período de enero - abril y por la pérdida de talud por la construcción de la vía.

3.2. Geología Local

Dentro del área de estudio específicamente en el sector de la corona de los deslizamientos a estudiar se realizaron calicatas de medidas de 2 m de ancho x 2 m de profundidad obteniendo a medida que se iba profundizando el mismo material residual o de relleno. (Véase Anexos, Fotos 4a, 4b, 4c y 4d).

Dada las antes mencionadas observaciones se llenaron fichas técnicas, obteniendo así que en la parte superior se puede apreciar la presencia de capas como suelos residuales de tonalidades café oscuras a negras con potencias que van desde los 30 a 50 cm que contienen arcilla, limo y arena lo que lo hace un suelo orgánico ya que existe la presencia de pastizales; también existe la presencia en la parte media de la zona una capa de material coluvial con potencias que van de 1 a 2 m, la cual presenta una matriz limosa-arenosa que contiene detritos angulares con dimensiones entre 1 a 5 cm (Véase Anexos, Fotos N° 7), así mismo presenta cuarzos incrustados y roca modernamente meteorizada.

Como base se presenta una capa de esquisto con potencia indefinida de coloración de amarillo claro y tonalidades de café y café oscuras (Véase Anexos, Foto N° 8), las cuales presentan un rumbo de N55°E y buzamiento de 50°SE; es de tipo metamórfica de constitución semidura, posee una foliación milimétrica en algunos sectores y se la considera de tipo apizarrada esta se vuelve sumamente suave al estar expuesta a procesos erosivos.

En lo que tiene que ver con el área de estudio se presentan repetidamente estas distribuciones teniendo en algunos sectores capas de esquistos con grado de meteorización desde moderado hasta altamente meteorizado motivo por el cual se presentan fracturamientos en la roca lo que hacen que su resistencia sea menor.

En la zona intermedia del área se hallan también formado por esquistos, pizarras y cuarcitas; para en la parte inferior encontrar material aluvial en especial en la parte que se encuentra en contacto con el drenaje principal que en este caso es el Río Malacatos (Véase Anexos, Foto N° 9a y 9b).

Dadas las características antes mencionadas y apreciando la carta geológica de Gonzanamá elaborado por el IGM a escala 1:100000 se puede verificar que el área de estudio se encuentra dentro de la Unidad Chiguinda como área dominante

existiendo también la presencia de las Formaciones Loma Blanca y la Formación San Cayetano en pequeñas áreas.

En lo correspondiente al área de estudio se realizó la geología local en base a fichas técnicas como por ejemplo la del formato 1,0 elaborado por el (P.N.A) y a fichas de caracterización geológica utilizada para la descripción de afloramientos.

Afloramiento 1

Realizando los diferentes recorridos se tiene que en la ubicación de las coordenadas UTM X: 698754; Y: 9537322, existe la presencia de un afloramiento el cual presenta suelo residual que contienen arcillas y limos de coloración café obscura con potencias que van desde 50 cm a 100 cm con granulometría fina y la presencia de esquistos angulares, también existe la presencia de material coluvial el cual presenta una coloración gris y tiene detritos angulares con dimensiones de 1 cm a 10 cm y que posee una matriz limosa, de igual forma presenta una capa de esquistos de potencia indefinida, con tipo de discontinuidades de foliación con espaciamentos menores a 60 mm de forma plana, de rugosidad lisa y apertura cerrada correspondiente a 0.1 mm de coloración café amarillo en la cual se puede apreciar una meteorización moderada y con un rumbo de N 38 E y buzamiento 60°SE.

Afloramiento 2

Como segundo afloramiento encontramos en las coordenadas UTM X: 698615; Y: 9538050; teniendo la presencia de material coluvial con potencias que van de 1 a 2 m compuestos por limos y arena de coloración gris lo cual es producto de la meteorización de los esquistos y que presenta una matriz de esquistos limosa arenosa con detritos de esquistos angulares con diámetros que van desde 1 a 15 cm, de igual forma encontramos la presencia de esquistos con

potencias indefinidas de coloración café amarillento con meteorización alta y foliación con espaciamentos muy estrechos menores a 60 mm de forma plana y rugosidad lisa, apertura cerrada de 0.1 mm, con relleno por sectores de cuarzo con capas entre 5 a 10 cm, presentando un rumbo de N35°E y un buzamiento de 50° SE.

Afloramiento 3

Como tercer afloramiento encontramos en las coordenadas UTM X: 699023; Y: 9540840; la presencia de suelo residual con potencias de 0.50 cm y que contiene arcillas y limos, seguidamente se tiene la presencia de material coluvial con potencia indefinida el cual contiene arcilla, limo y arena de coloración gris claro la cual posee una matriz arcillosa limosa con detritos de dimensiones desde 1 a 10 cm, presenta una meteorización moderada y con el tipo de discontinuidades del tipo foliación menores a 60 mm, presenta un rumbo N34°E y un buzamiento de 54°SE.

Afloramiento 4

Como cuarto afloramiento encontramos en las coordenadas UTM X: 699602; Y: 9542390; la presencia de suelo residual con potencia de 20 cm y que está compuesto por limo y arena de coloración gris, así mismo existe la presencia de material coluvial con potencia indefinida que contiene una matriz limosa arenosa que posee detritos angulares con dimensiones de 1 cm a 50 cm, la roca se encuentra poco meteorizada y con fragmentaciones, presenta un rumbo de N54°E y un buzamiento de 56°NO.

Afloramiento

Encontramos en las coordenadas UTM X: 699259; Y: 9543652; la presencia de suelo residual con potencias de 50 cm de coloración café obscura, así mismo se encuentra la presencia de material coluvial con potencias de 2 a 3 m de coloración café, de donde este material es producto de la meteorización de esquistos con matriz limo-arenosa con clastos de cuarzo y esquistos angulares de 2 a 20 cm de diámetro, y por último se encuentra la presencia de esquistos con potencia indefinida de coloración gris y con un rumbo de N55°O y buzamiento de 53°SE.

Afloramiento 6

El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM X: 699858; Y: 95444570; se encuentra la presencia de material coluvial con potencias de 2 m y que contiene arcilla, limo y arena la cual posee una coloración amarillo claro, así mismo se encuentra la presencia de esquistos con potencia indefinida de coloración café claro a amarillo el cual posee un grado de meteorización algo meteorizada y tipo de discontinuidad a modo de foliación muy baja menores a 1 m, espaciamientos muy estrecho menores a 60 mm de forma plana, de rugosidad lisa y de apertura cerrada de 0.1 mm sin relleno, y presenta un rumbo de N 86° O y un buzamiento de 22°NE.

Afloramiento 7

El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM X: 699585; Y: 9546036; el cual presenta la presencia de suelo residual con potencia de 50 cm y que contiene arcilla, limo y arena de coloración café obscura; así mismo se encuentra la presencia de material coluvial con potencias de 2 m y que contiene arcilla y arena con granos hasta los 5 cm y con la presencia de una matriz limosa con presencia de cuarzos, siendo la roca meteorizada y presentando un rumbo de N50°E, no fue posible obtener el buzamiento por no presentar estratos definidos ya que existe la presencia de material coluvial en toda el área.

Afloramiento 8

El presente afloramiento se encuentra en las coordenadas UTM X: 699201; Y: 9546334; el cual se encuentra conformado por suelo residual con una potencia de 50 cm compuesto por arcillas, limos y arena el cual presenta una coloración gris; así mismo existe la presencia de material coluvial de potencia indefinida de donde existen detritos con dimensiones menores entre 1 a 5 cm, presentando un rumbo N50°E.

Afloramiento 9

El presente afloramiento está localizado en las coordenadas UTM X: 699330; Y: 9546508; el cual se encuentra compuesto por suelo residual con potencias de 30 cm que a su vez poseen arcillas y limos de coloración café obscura, así mismo se encuentra la presencia de material coluvial compuesto por arcillas, limos y gravas los cuales poseen una coloración café obscura y de donde los detritos están bien meteorizados y con dimensiones de 1 a 10 cm presenta una desintegración con respecto al resto del área y existen capas de esquistos con foliación débil, y por último se encuentra la presencia de esquistos de capas indefinidas de coloración amarillo claro y que presenta pequeñas brechas de cuarzo en la roca así como diaclasamiento de donde la continuidad es menor a 1 m y el espaciamiento es menor a 60 mm, donde el rumbo es N48°E y un buzamiento de 36° NO.

Afloramiento 10

El siguiente afloramiento se encuentra localizado en las coordenadas UTM X: 699133; Y: 9547054; la cual presenta suelo residual con potencias de 30 cm que posee arcillas, limos y arena de coloración café oscuro, seguidamente se

presentan material coluvial con potencias de 2 m de coloración amarillo claro el cual posee detritos entre 1 a 100 cm angulados y que poseen una matriz arcillosa-limosa; y por ultimo existe la presencia de esquistos con potencia indefinida de coloración café obscura y colores amarillos claros a oscuros los mismo que tienen impregnaciones de cuarzo con alto grado de meteorización que presenta una coloración negra, así mismo presenta un rumbo N55°E y un buzamiento de 39°NO.

3.3. Resultados de las Muestras de Rocas y Suelos

3.3.1. Resultado de la muestra de roca

Para los respectivos análisis de laboratorio se han empleado códigos teniendo así que la muestra d2' es tomada del movimiento 1 (DVL-L4); y la muestra d2 es tomada del movimiento 2 (DVL-L7).

Obtenidos los resultados de los análisis de las muestras se tiene:

Muestra d2'

- ❖ Ensayo de compresión inconfiada: en este ensayo se quiere determinar la resistencia que puede soportar la roca para que se produzca el fracturamiento así como también la carga de material suelto del movimiento que puede resistir, teniendo de esta muestra de roca sometida a los diferentes esfuerzos por las deformaciones unitarias que la resistencia a la compresión inconfiada es de 439,75 kg/cm², con una deformación unitaria de 14,03; ángulo de fricción interna de 0°00'00"; y una densidad seca de 2,443 g/cm³.

Además de ello sufre cohesión cuando se aplica esfuerzos de 220 kg/cm². (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 1).

- ❖ Ensayo de contenido de humedad: este ensayo permite determinar en qué forma se encuentra la roca y cómo puede afectar para que este deslizamiento se active teniendo en cuenta el tipo de material y pendientes, obteniendo así como resultado el 0,32% de contenido de humedad. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 2).
- ❖ Peso volumétrico: se tiene como resultado 2,5985 g/cm³. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N°3).
- ❖ Porosidad: con este ensayo se determina la capacidad que tiene la roca para captar agua, siendo así un factor importante para la consistencia de la base en la que se encuentra un movimiento, para lo cual se ha determinado que en el lugar de estudio se tiene como resultado 0,01572%. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 3).
- ❖ Peso específico: este ensayo ayuda a determinar el peso propiamente dicho de la roca en condiciones de pureza y cómo puede afectar al movimiento, teniendo así como resultado 2,64 g/cm³. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 3).

Muestra d2

- ❖ Ensayo de compresión inconfiada: En este ensayo se quiere determinar la resistencia que puede soportar la roca para que se produzca el fracturamiento así como también la carga de material suelto del movimiento que puede resistir, teniendo de esta muestra de roca sometida a los diferentes esfuerzos por las deformaciones unitarias que la resistencia a la compresión

inconfiada es de 428,87 kg/cm², con una deformación unitaria de 14,88; ángulo de fricción interna de 0°00'00"; y una densidad seca de 2,483 g/cm³.

Además de ello sufre cohesión cuando se aplica esfuerzos de 214 kg/cm². (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 4).

- ❖ Ensayo de contenido de humedad: este ensayo permite determinar en qué forma se encuentra la roca y cómo puede afectar para que este deslizamiento se active teniendo en cuenta el tipo de material y pendientes, obteniendo así como resultado el 0,25% de contenido de humedad. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 5).
- ❖ Peso volumétrico: se tiene como resultado 2,5974 g/cm³. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 3).
- ❖ Porosidad: con este ensayo se determina la capacidad que tiene la roca para captar agua, siendo así un factor importante para la consistencia de la base en la que se encuentra un movimiento, para lo cual se ha determinado que en el lugar de estudio se tiene como resultado 0,01586%. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 3).
- ❖ Peso específico: este ensayo ayuda a determinar el peso propiamente dicho de la roca en condiciones de pureza y cómo puede afectar al movimiento, teniendo así como resultado 2,694 g/cm³. (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 3).

3.3.2. Resultados de la muestra de suelo

Obtenidos los resultados de los análisis de las muestras se tiene:

Muestra d2'

- ❖ Ensayo de compactación Proctor: en este ensayo se tiene diferentes datos los cuales son de suma importancia en el desarrollo del presente ensayo teniendo así una bien recopilada información para la obtención de la curva que nos mostrará los resultados obtenidos.

Teniendo así una densidad seca mínima de $1,911 \text{ kg/m}^3$ y con un contenido de humedad del 13,13%; así también se presenta como la mayor densidad seca máxima de $2,071 \text{ kg/m}^3$ y que a su vez posee un contenido de agua óptimo de 8% que sería el límite de esta curva, (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 6).

- ❖ Porcentaje de esponjamiento o reducción de volumen por compactación: para esto se obtiene datos de los distintos materiales para este fin (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 7), teniendo como resultado el porcentaje de esponjamiento del 42%.
- ❖ Ensayo de Límite líquido y límite plástico: para estos ensayo se van a utilizar diferentes medidas (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 8), obteniendo resultados del límite líquido del 30,4%, del límite plástico del 18,4% y del índice de plasticidad del 12%.
- ❖ Clasificación método de S.U.C.S. y AASHTO: obtenidos los resultados de este ensayo se debe mencionar que el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) determina que el tipo de suelo presente en la zona de estudio está compuesto de grava arcillosa con arena GC; mientras que el sistema de clasificación de suelos (AASHTO) la clasifica dentro del A-2-6 la cual significa que está compuesta de grava y arena arcillosa y limosa, (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 9).
- ❖ Ensayo de compresión inconfiada: en este ensayo trata sobre el esfuerzo del material versus la deformación unitaria, para lo cual se

obtienen datos estándares y otros datos producto del resultado de la muestra (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 10), obteniendo así un esfuerzo máximo sobre la muestra de 3,59 kg/cm²; así mismo se puede dar la cohesión cuando se aplique esfuerzos de 1,80 kg/cm² y con un ángulo de fricción interna de 25°08'15”.

- ❖ Contenido de humedad: obtenidas las diferentes medidas en el laboratorio se tiene 17,61% como contenido de humedad, (Véase en anexos, Análisis de Laboratorio N° 11).

Muestra d2

- ❖ Ensayo de compactación Proctor: en este ensayo se tiene diferentes datos los cuales son de suma importancia en el desarrollo del presente ensayo teniendo así una bien recopilada información para la obtención de la curva que nos mostrará los resultados obtenidos.

Teniendo así una densidad seca mínima de 1,93 kg/m³ y con un contenido de humedad del 13.95%; así también se presenta como la mayor densidad seca máxima de 2,145 kg/ m³ y que a su vez posee un contenido de agua óptimo de 7 % que sería el límite de esta curva, (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 12).

- ❖ Porcentaje de esponjamiento o reducción de volumen por compactación: para esto se obtiene datos de los distintos materiales para este fin (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 13), teniendo como resultado el porcentaje de esponjamiento del 38%.
- ❖ Ensayo de Límite líquido y límite plástico: para estos ensayo se van a utilizar diferentes medidas (Véase anexos, Análisis de Laboratorio

N° 14), obteniendo resultados se tiene el límite líquido del 28,8%, del límite plástico del 16.4% y del índice de plasticidad del 12,4%.

- ❖ Clasificación método de S.U.C.S. y AASHTO: obtenidos los resultados de este ensayo se debe mencionar que el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) determina que el tipo de suelo presente en la zona de estudio está compuesto de grava arcillosa con arena GC; mientras que el sistema de clasificación de suelos (AASHTO) la clasifica dentro del A-2-6 la cual significa que está compuesta de grava y arena arcillosa y limosa, (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 15).
- ❖ Ensayo de compresión inconfiada: en este ensayo trata sobre el esfuerzo del material versus la deformación unitaria, para lo cual se obtienen datos estándares y otros datos producto del resultado de la muestra (Véase anexos, Análisis de Laboratorio N° 16), obteniendo así un esfuerzo máximo sobre la muestra de 2,89 kg/cm²; así mismo se puede dar la cohesión cuando se aplique esfuerzos de 1,45 kg/cm² y con un ángulo de fricción interna de 25°00'00”.
- ❖ Contenido de humedad: obtenidas las diferentes medidas en el laboratorio se tiene 13,28% como contenido de humedad. (Véase Anexos, Análisis de Laboratorio N° 17).

Tabla de Resumen de Análisis de Suelos y Roca

Tabla N° 8, Resumen de Análisis de suelos		
TIPOS DE ENSAYO	RESULTADOS DVL-L4	RESULTADOS DVL-L7
Densidad seca mínima	1,911 Kg/m ³	1,93 Kg/m ³
Contenido de humedad	13,13 %	13,95 %
Densidad seca máxima	2,071 Kg/m ³	2,145 Kg/m ³
Contenido de humedad	8%	7%
Porcentaje de esponjamiento	42%	38%
Límite líquido	30,4 %	28,8 %

Límite plástico	18,4 %	16,4 %
Índice de plasticidad	12%	12,4 %
Clasificación S.U.C.S	Grava arcillosa con arena Gc	Grava arcillosa con arena Gc
AASHTO	A-2-6 (Grava y arena arcillosa y limosa	A-2-6 (Grava y arena arcillosa y limosa
Ensayo de compresión inconfiada	3,59 Kg/cm ²	2,89 Kg/cm ²
Contenido de humedad	17,61 %	13,28

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 9, Resumen de Análisis de Roca		
TIPOS DE ENSAYO	RESULTADOS DVL-L4	RESULTADOS DVL-L7
Ensayo de compresión	439,75 Kg/cm ²	428,87 Kg/cm ²
Contenido de humedad	0,32 %	0,25 %
Peso volumétrico	2,5985 g/cm ³	2,5974 g/cm ³
Peso específico	2,64 g/cm ³	2,694 g/cm ³

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña

3.4. Clima e Hidrología

3.4.1. Clima

En los meses de enero a abril, la corriente del niño introduce al continente aire húmedo y caliente que produce lluvia convectiva, su influencia cubre casi toda la provincia de Loja¹³.

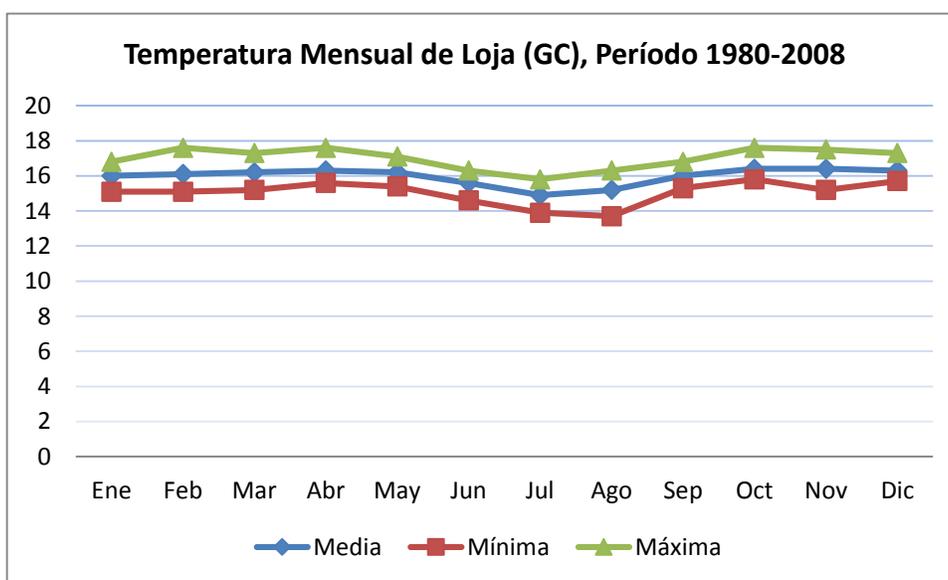
¹³ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2008); Recopilación de datos de Precipitaciones y Temperaturas del sector Loja-Malacatos.

- **Régimen térmico:** el cantón de Loja y Malacatos desde el punto de vista de la distribución de la temperatura es de clase temperado a subtropical con un rango de temperatura de 12° a 21.9° según El Plan Integral De Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja, (INERHI-PREDESUR-CONADE).¹⁴ (Véase Anexos, Mapa N° 9).

- Datos Loja.

Tabla N° 4. Temperatura Mensual de Loja (GC), Período 1980-2008													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Mensual
Media	16	16.1	16.2	16.3	16.2	15.6	14.9	15.2	16	16.4	16.4	16.3	16
Mínima	15.1	15.1	15.2	15.6	15.4	14.6	13.9	13.7	15.3	15.8	15.2	15.7	13.7
Máxima	16.8	17.6	17.3	17.6	17.1	16.3	15.8	16.3	16.8	17.6	17.5	17.3	17.6

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR



¹⁴ INERHI-PREDESUR-CONADE (2008); Plan Integral De Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja.

Figura N°3; Cuadro Isotérmico de loja.

- Datos Malacatos.

Tabla N° 11. Temperatura Mensual de Malacatos (GC), Período 1980-2008													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Mensual
Media	19.9	19.4	19.4	19.5	19.8	19.8	20	19.8	20	19.8	19.8	19.8	19.7
Mínima	19.3	17.4	18.3	18.3	19.3	19.2	19.3	17.4	18.9	18.5	19.1	19.1	17.4
Máxima	20.5	20.5	20.7	20.4	20.4	20.7	21.6	21.3	21	20.6	20.2	21.3	21.6

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR

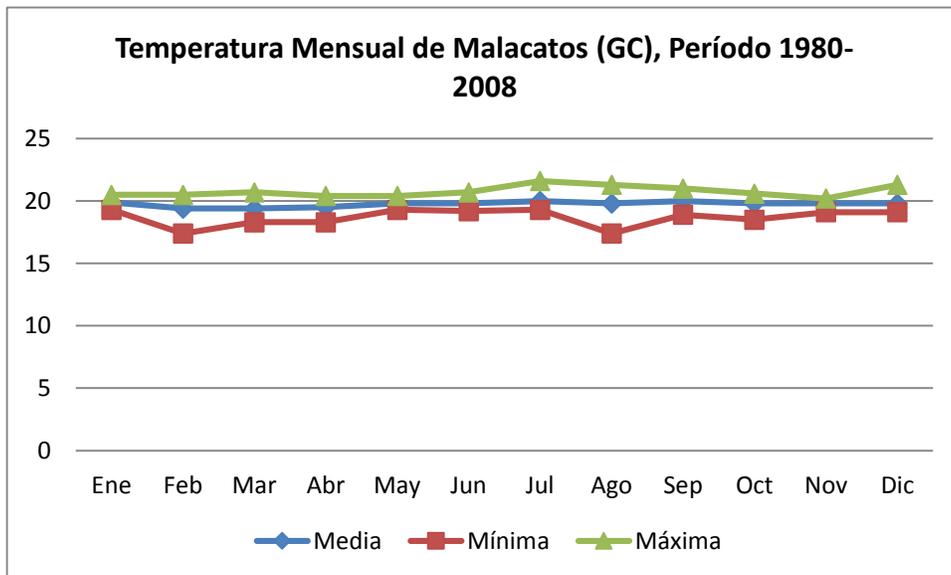


Figura N° 4; Cuadro Isotérmico de Malacatos.

- **Régimen pluviométrico:**

- Datos Loja.

La presente información está realizada con valores obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y que comprende la recopilación de datos desde el periodo 1980 -2008.

Como se presentan los datos en la tabla se puede determinar que los períodos más sobresalientes de precipitaciones se dan entre los meses de enero-abril; siendo su máxima capacidad de precipitación en el mes de marzo y la mínima en el mes de agosto, (Véase Anexos, Mapa N° 10)

Tabla N° 12. Precipitación Mensual de Loja (mm/año), Período 1980-2008													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Mensual
Media	94.1	129.6	151.5	104.8	62.5	48.2	48.9	33.8	39.3	76.5	63.5	91	78.6
Mínima	40.4	49.4	48.5	47.6	18.1	10.1	15.3	5.9	7.2	27.8	12.3	20.7	5.9
Máxima	213.8	299.1	317.2	198.7	150.5	86.9	94.6	69.3	81.7	130.1	129	198.1	317.2

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR

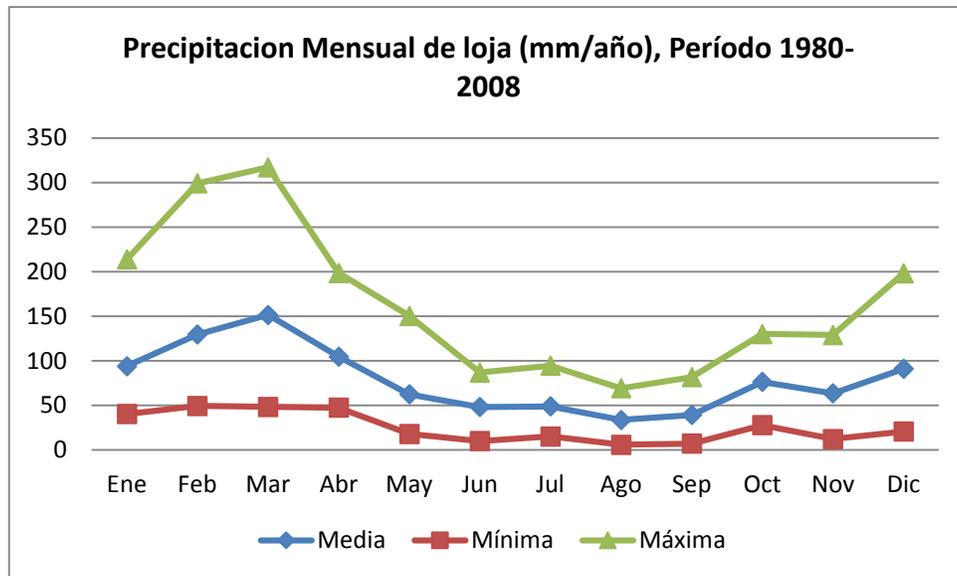


Figura N° 5; Cuadro de Isoyetas de Loja.

➤ Datos Malacatos.

La presente información está realizada con valores obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y que comprende la recopilación de datos desde el período 1980 - 2008.

Como se presentan los datos en la tabla se puede determinar que los períodos más sobresalientes de precipitaciones se dan entre los meses de enero-abril; siendo su máxima capacidad de precipitación en el mes de febrero y la mínima en los meses de junio-diciembre.

Tabla N° 13. Precipitación Mensual de Malacatos (mm/año), Período 1980-2008													
	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Mensual
Media	58.1	98.1	113.6	100.7	28.4	2.9	4.7	2.3	16.6	76.4	54	69.3	52.1
Mínima	10.4	4.1	15.1	8.4	2.1	0	0	0	0	0	0	0	3.34
Máxima	111.9	432.2	233.8	309.8	94.3	12.1	21.3	18.6	51.9	164.8	151.2	134.5	432.2

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR

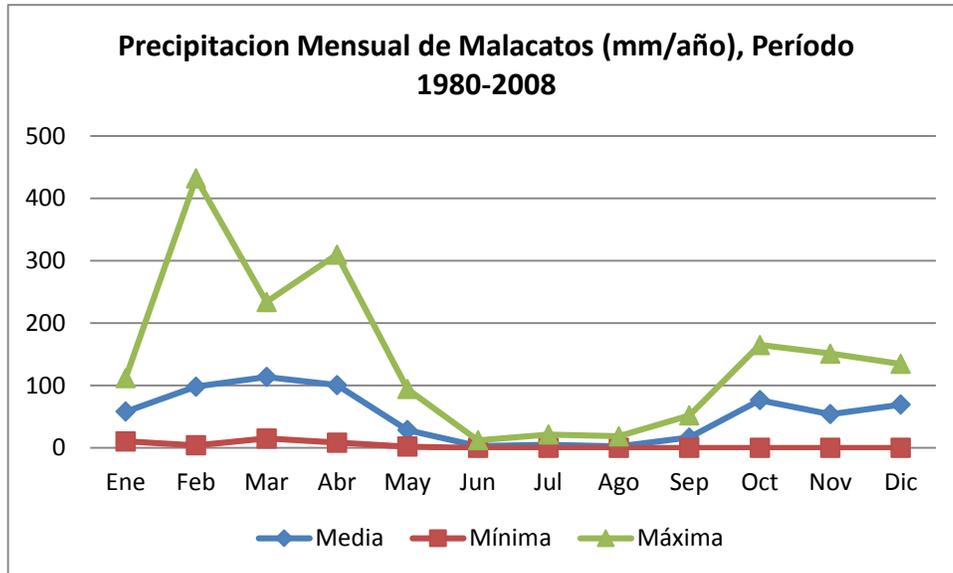


Figura N° 6; Cuadro de Isoyetas de Malacatos.

3.4.2. Hidrología

El área de estudio presenta una red hídrica que tiene al Río Malacatos como su principal fuente, con una longitud de 19245 m dentro de la zona de estudio y una dirección N-S; así mismo presenta a lo largo de su recorrido

una serie de quebradas que desembocan en este Río, teniendo así las expuestas en la tabla N° 14.

Las diferentes quebradas existentes que alimentan al Río Malacatos hacen que éste, en el transcurso de su recorrido vaya afectando las partes bajas de los movimientos como son los pies de los movimientos, específicamente de los deslizamientos (DVL-L4 y DVL-L7), que se encuentran limitando con la vía antigua a Loja-Malacatos; en donde por acción del paso del agua del Río Malacatos afecta a la zona aluvial desgastando y disminuyendo las fuerzas estabilizadores naturales que se encuentran en estos deslizamientos.

Cabe mencionar que en el área de estudio existen quebradas intermitentes y canales; mismos que al igual que las quebradas mencionadas se han obtenido de los Mapas topográficos correspondientes a el Río Sabanilla y Vilcabamba los cuales están elaborados a escalas 1: 50000 por el IGM en el año 1976; y que sumadas sus longitudes dentro del área de influencia de estudio se tiene 154299 m.

Tabla N° 14; Afluentes del Río Malacatos			
Id	Nombre	Longitud (m)	Dirección
1	Quebrada Chanchiquinuma	5113	O-E
2	Quebrada Uritusinga	2375	O-E
3	Quebrada Pigllopamba	1359	O-E
4	Quebrada El Monje	2362	E-O
5	Quebrada Tres Leguas	4934	O-E
6	Quebrada San Francisco	5903	E-O
7	Quebrada Cristal	2126	E-O
8	Quebrada Mishquiyacu	5667	E-O
9	Quebrada De La Era	4215	E-O
10	Quebrada Potrerillos	2069	O-E
11	Quebrada Huacamullo	6201	O-E
12	Quebrada Sta. Gertrudis	1482	O-E
13	Quebrada Yunguilla	3420	O-E
14	Río De La Campana	17376	E-O
15	Quebrada De La Campana	1535	E-O
16	Quebrada Potopamba	1378	E-O
17	Quebrada Naque	6436	E-O
18	Quebrada Zambohuaycu	2372	E-O
19	Quebrada de Chorrera	4018	E-O
20	Quebrada Orta	4142	E-O
21	Quebrada Nangora	7627	O-E

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

3.5. Infraestructuras lineales

Dentro del área de estudio se encuentra atravesada la vía Loja - Malacatos considerada de primer orden y que ocupa en la zona de estudio una longitud de 23765 m específicamente desde el sector del Nudo de Cajanuma hasta Landangui, (Véase Anexos, Foto N° 10a y 10b).

Así mismo se encuentra localizada en la parte inferior y paralela a la vía de primer orden la carretera antigua de Loja – Malacatos sin asfaltar de una o más vías, (Véase Anexos, Foto N°11a y 11b), la que sirve como acceso al sendero Caxarumi y a los distintos lugares habitacionales que existen en estas comunidades como por ejemplo Puenbo y Rumizhitana.

También existen caminos de verano que sirven como puntos de entrada como por ejemplo el Carmen, ya sea por las diferentes personas que se dedican a la agricultura así como también por algunos productores de materiales áridos, (Véase Anexos, Foto N° 12).

Y por último existen caminos de herradura los cuales están distribuidos a lo largo de la zona de estudio que conectan a las carreteras sin asfaltar, caminos de verano y que finalmente llevan a Potopamaba, Granadillos, Chorrillos y Las Tres Leguas.

Dentro de la zona de estudio existen diferentes tipos de vías como se ha enunciado y en la siguiente tabla se detalla las distancias que comprenden cada una de ellas en lo concerniente al área de estudio.

Tabla N° 15. ESTRUCTURAS LINEALES	
Tipo	Longitud (m)
Carretera Asfaltada de dos Vías (Primer Orden)	23765
Carretera Antigua Loja-Malacatos	19267
Camino de Verano	12767
Camino de Herradura	135156
Total	190955

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Las diferentes estructuras lineales han sido obtenidas de las cartas topográficas del Río Sabanilla y Vilcabamba elaboradas por el IGM a escala 1:50000 en el año 1976.

3.6. Suelos

3.6.1. Uso Actual del Suelo Agrícola-Agropecuario.

El suelo de la zona en general está ocupado por actividades como son:

- Agrícola.
- Agropecuario.
- Forestal.
- Natural.

Tabla N° 16; Uso Actual de Suelos Agrícola-Agropecuario	
Uso	Área (Ha)
Agrícola	703
Agropecuario	5888
Forestal	258
Vegetación Natural	6953
Total	13802

Tabla realizada en base a datos obtenidos en PREDESUR

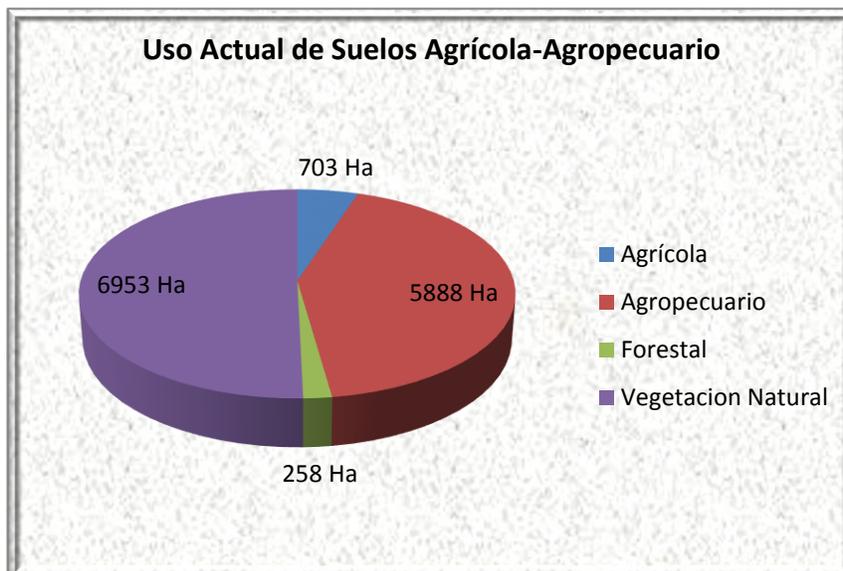


Figura N° 7

La presente Tabla N° 16 y la Figura N° 7 han sido elaboradas de acuerdo a información proporcionada por "PREDESUR" elaborados en el año 1998; y están referenciadas a la clasificación del Uso actual del suelo, (Véase Anexos; Mapa 5).

➤ **Agrícola:** esta actividad se da de manera escasa ya hay en pequeños sectores y en su mayoría es para consumo propio y en algunos casos para la venta.

Existen cultivos denominados:

- Permanentes
- Transitorios

Dentro de los permanentes tenemos cultivos de café, caña, limón, mandarinas, naranjas, plátanos, aguacate, entre otros.

En los transitorios tenemos cultivos como son maíz, frejol, tomate y yuca entre los más importantes.

➤ **Agropecuario:** se da en mayor porcentaje ya que existen varias extensiones de pastizales destinadas al consumo del ganado.

➤ **Forestal:** existen varias zonas en las que se encuentra cultivos forestales para fines de conservación y explotación.

➤ **Vegetación Natural:** son sectores que no han sido afectados por la mano del hombre y que se encuentra con la vegetación propia de la zona.

3.6.2. Uso potencial de los suelos

El área de estudio presenta tres clasificaciones diferenciadas que se subdividen de la siguiente manera 1400 Ha destinadas para pastos y cultivos; 3486 Ha que corresponden a terrenos aptos para pastos y 3731 Ha que pertenecen a terrenos forestales y vegetación natural (protección total), esta información se ha obtenido de "PREDESUR" elaborados en el

año 1998, mismas que fueron corroboradas en el campo durante las diferentes salidas al área de estudio, (Véase Anexos, Mapa 6).

Teniendo así pendientes bajas consideradas menores del 30% y en donde el uso agrícola esta diferenciado por la siembra de maíz, frejol, café, caña, tomate y yuca.

De igual forma en pendientes bajas menores al 30% se presentan árboles frutales existiendo plantas de limón, naranja, mandarina, aguacate, papaya y plátanos en menores proporciones.

En lo concerniente al sector agropecuario se tienen el aprovechamiento de pendientes menores al 30% así como también pendientes entre el 30% al 50% de donde los pastizales se usan con fines ganaderos existentes en las diferentes áreas.

Cabe mencionar que para el sector ganadero se buscan estos tipos de pastizales dados en pendientes que no representen peligro para la crianza y mantenimiento de estos bovinos ya que con altas pendientes existe el peligro de pérdidas de animales por la gravedad de sufrir accidentes repercutiendo en la economía de los diferentes sectores dedicados a este fin.

En lo concerniente a vegetación natural, los terrenos que existen aquí presentan pendientes mayores al 50% y que está dada por la presencia de matorral húmedo de los Andes del sur que se presenta en las partes altas de las montañas, así como también existe la presencia de matorral seco montano de los andes del sur, mismas que se dan de acuerdo a las características climatológicas del lugar.

3.6.3. Capacidad Productiva de la Tierra y Pendientes

Teniendo en cuenta una topografía irregular y grandes pendientes a lo largo de la vía en estudio se consideran varias condicionantes:

Dentro de las zonas de grandes pendientes por motivos de erosión se cuenta con mínimos valores de potencia de suelo limitando así la agricultura, aun así existen pequeños cultivos en su mayoría de ciclo transitorio hay que recalcar que en algunos casos por motivos de riego no controlado de los mismos se produce inestabilidad de las pendientes.

Los sectores con pendientes pronunciadas se pueden aprovechar con fines forestales ya que además en algunos casos pueden ayudar a estabilizar las mismas de ser necesario.

Existen varias extensiones de terreno de poca pendiente en la que en su mayoría se las utiliza para fines agropecuarios.

3.7. Áreas de extracción minera

Dentro del área de estudio se encuentra un sector en el cual se está dando la extracción de material pétreo pero los cuales se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N° 17, Concesiones Mineras Presentes en el Área de Estudio				
Id	Código	Nombre	Área (Km²)	Movimientos en masa dentro del área
1	600610	Chilco Bravo	0.04	
2	690117	HCPL-1	0.23	
3	600683	Chilco Bravo 2	0.49	
4	690116	HCPL-2	0.72	DVL-L 6
5	600501	La Era de Rumishitana	0.42	DVL-L 4
6	600908	Yamba 1	0.09	DVL-L 3
7	600586	Yamba	0.96	
8	600739	Santa Gertrudis	0.09	
9	600538	El Porvenir	0.1	
10	600890	Baltazar	0.03	
11	600539	Daniela	0.06	
12	600011	Yuma	0.3	
13	600632	El Puente	0.06	DVL-L 2
14	601030	El Recreo	1	
15	690115	HCPL-3	0.14	DVL-L 1
16	600614	El Café	0.04	
17	600537	Santa Rosa	0.09	
18	600963	La Victoria	0.07	

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

3.8. Bosques protectores y Áreas de interés ambiental

Dentro del área de estudio en la parte oriental se encuentra el área protegida del Parque Nacional Podocarpus; así como también se encuentra la presencia de dos zonas de amortiguamiento una localizada al noreste y la segunda al sureste, las mismas que se caracterizan como un *espacio definido por su capacidad para minimizar el impacto de las contaminaciones y demás actividades humanas que se realizan de manera natural en el entorno inmediato a las áreas naturales protegidas con la finalidad de proteger la integridad de la misma*, también presenta al noreste a la altura del nudo de Cajanuma el bosque protector hoyo de Loja flanco oriental que se encuentra inmerso dentro del parque nacional Podocarpus y en la parte noroeste se encuentra el bosque protector hoyo de Loja flanco occidental. (Véase Anexos, Mapa 8).

3.9. Áreas de patrimonio arqueológico

De acuerdo a la dirección de patrimonio cultural de la ciudad de Loja, se obtuvo que el área en estudio no existe áreas de patrimonio arqueológico.

3.10. Variables utilizadas en el análisis de deslizamientos para el sector de estudio

Para el sector de estudio se han considerado las siguientes tablas con sus respectivas variables y pesos, considerados idóneos para el área de estudio teniendo así los siguientes¹⁵:

- Inventario.
- Pendientes.
- Geología.

¹⁵ Jaime Suarez Díaz; Deslizamientos y Estabilidad de Taludes.

- Uso actual del suelo.
- Vegetación.
- Precipitaciones.

Tabla N° 18; Inventario	
Clase	Peso
Deslizamiento (activos)	1
Desprendimientos (activos)	1

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 19; Pendientes	
Grados (°)	Peso
0 - 8.5	1
8.5 - 16.7	2
16.7 - 26.6	3
26.6 – 45	4
>45	5

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 20; Geología	
Clase	Peso
Rocas Metamórficas	1
Tobas, lutitas y areniscas	2
Pizarras y Filitas	3
Grava, arena y limo	4

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 21; Uso actual del suelo	
Clase	Peso
Agrícola, agropecuario	3
Forestal	2
Natural	1

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 22; Vegetación	
Clase	Peso
Arbórea	1
Arbustiva	2
Herbácea	3

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 23; Precipitaciones	
Indicador (mm/año)	Peso
750 – 1000	1
1000 - 1250	2

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Utilizando el software (ARGIS 9.2); se le asignó estos pesos relativos a cada una de las variables, luego con la ayuda de la herramienta “Intersect” se realizó la intersección vectorial de las variables ya descritas, obteniendo el mapa de susceptibilidad a Movimientos en Masa del de la vía Loja-Malacatos, en el tramo

comprendido entre Loja-Landangui. Provincia de Loja, (Véase Anexos, Mapa N° 13). Con porcentajes que van de 0% a 100% clasificando las zonas en base a estos porcentajes, teniendo así:

Tabla N° 24; Clasificación de Susceptibilidad	
Porcentajes (%)	Grado de Susceptibilidad
0 - 20	Muy baja
21 - 40	Baja
41 - 60	Media
61 - 80	Alta
81 - 100	Muy alta

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

El índice de susceptibilidad a movimientos en masa se expresa a través de la siguiente relación matemática:

$$\text{Susceptibilidad} = I + P + G + U + V + Pr$$

En donde:

I= Valor de la variable Inventario.

P= Valor de la variable Pendiente.

G= Valor de la variable Geología.

U= Valor de la variable Uso del suelo.

V= Valor de la variable Vegetación.

Pr= Valor de la variable Precipitación.

Tabla N° 25; Peso de las Variables	
Variable	Peso %
Inventario	20
Pendiente	20
Geología	20
Uso del suelo	10
Vegetación	10
Precipitación	20
Total = 100%	

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

3.10.1. Análisis de Susceptibilidad a Movimientos en Masa

- **Áreas de muy baja susceptibilidad:** corresponde a la parte occidental de la vía en donde no existen asentamientos poblacionales así como también predomina la existencia de cobertura vegetal de tipo arbórea, teniendo así el 1,25% que comprende 190.92 Ha aproximadamente.
- **Áreas de baja susceptibilidad:** se encuentra en mayor proporción en la parte centro-occidental del polígono, así como también dispersa en pequeñas proporciones en la parte central y oriental del área de estudio y que van a lo largo de la zona en dirección N-S; presenta vegetación arbórea por lo que los suelos no están erosionados teniendo así el 25.44% que representa el 3884.89 Ha aproximadamente.
- **Áreas de media susceptibilidad:** corresponde en su mayoría al área de estudio distribuyéndose por todos los

sectores presenta vegetación herbácea-arbustiva y se prolonga desde la parte norte hacia el sur, se encuentra destinadas a labores tanto de agricultura como ganaderas esta área es la más grande en cuanto a la zona de estudio y presenta el 68.73% que representa 10496.130 Ha aproximadamente.

- **Áreas de alta susceptibilidad:** corresponde a la parte central pero en menor proporción de la zona de estudio, se encuentra junto a lo largo de la vía Cajanuma-Landanguí; existe aquí la presencia suelos meteorizados por pertenecer a depósitos aluviales y coluviales, también existen áreas de menor proporción con rocas metamórficas con pendientes altas y muy altas, presencia de aguas superficiales escurriendo por los diferentes sectores, escasa cobertura vegetal y laderas con pendientes altas y medias, esta área de estudio representa el 4.20% que corresponde a 641.679 Ha aproximadamente.
- **Áreas de muy alta susceptibilidad:** corresponde a la prolongación de la vía Cajanuma-Landanguí correspondiente a tramos mismos que están acentuados en la existencia de movimientos en masa; existe la presencia de material coluvial y aluvial la vegetación es herbácea y se presentan actividades y agrícolas y de ganadería, esta área representa el 0.37% que corresponde el 56.555 Ha aproximadamente.

3.10.2. Conclusiones parciales

- En base a las variables utilizadas se determinó que la zona de estudio presenta fenómenos de movimientos en masa como lo son los deslizamientos y de los cuales se ha estimado un número de 10.

- Las precipitaciones que se presentan en el período enero-abril son de 750 – 1250 mm/año, contribuyendo a la activación de los deslizamientos en esta zona de estudio.
- La falta de cobertura vegetal hacen propensa la disminución de las fuerzas de resistencia del talud.
- La clasificación de alta pendiente en un 53% en la zona de estudio facilita a la gravedad a que se desencadenen deslizamientos.
- De acuerdo a información elaborada por PREDESUR en el año 1998 y corroborada y actualizada con trabajos de campo se llegó a realizar un mapa de susceptibilidad del área de estudio correspondiente al tramo Cajanuma-Landangui.
- De acuerdo al mapa de susceptibilidad la zona que predomina es la de susceptibilidad media.
- La zona de alta susceptibilidad concuerda con los movimientos en masa existentes en el inventario de deslizamientos realizado en el área de estudio Cajanuma-Landangui.

3.11. Medidas de Previsión y Prevención de Riesgos

3.11.1. Introducción

Los deslizamientos son uno de los fenómenos más frecuentes dentro de las distintas áreas montañosas ya sea por distintos factores sean estos condicionantes o desencadenantes, tal es el caso de la presente zona de estudio en donde es conveniente tener medidas de previsión y prevención de riesgos que pongan en alerta cuales son las obras de infraestructura que se deben realizar para disminuir el impacto, así como también fomentar entre las diferentes instituciones ya sean privadas como gubernamentales las

necesidades de informar a la sociedad de los riesgos latentes que existen sino se aplica una adecuada planificación de asentamientos poblacionales así como la construcción de vías de acceso hacia los diferentes fines que conectan la región sur del país como es desde la ciudad de Loja hacia los distintos lugares que conecta la vía Loja-Malacatos.

3.11.2. Medidas de previsión

3.11.2.1. Identificación del área de estudio

La presente zona de estudio se encuentra en la provincia de Loja, ubicada entre la ciudad de Loja y la parroquia Landanguí perteneciente al cantón Malacatos.

Se ha constatado que dentro del área correspondiente se encuentran deslizamientos que hace tener clara la óptica de cuáles pueden ser las más cercanas y probables causas de estos fenómenos de movimientos en masa y por ello se ha determinado el área que abarca la zona de estudio, el número de deslizamientos así como también que se produce en este espacio ya sea desde la agricultura hasta ganadería a mínima escala.

3.11.2.2. Diseño de las principales medidas de previsión

En función de los factores de seguridad antes calculados y de los valores obtenidos es necesaria la elaboración de obras de ingeniería que ayuden a estabilizar los movimientos en masa.

A continuación se propone tres medidas de estabilización:

- Terrazas o Bermas.
- Drenajes.
- Muros (rígidos y flexibles).

Terrazas o bermas:

La elaboración de terrazas en la parte alta de un talud tiene como fin disminuir fuerzas desestabilizadoras en el talud y así controlar el movimiento.

La ubicación inadecuada de las terrazas puede llegar a disminuir el factor de seguridad.

En función de la composición del suelo y de la roca según sea el caso las dimensiones de la terraza pueden variar en nuestro caso tenemos un suelo a remover de A-2-6 grava con arena arcillosa o limosa de donde se recomienda una altura de 2 m y un ancho de por lo menos 2 m.¹⁶

¹⁶ Jaime Suarez Díaz (Deslizamientos y estabilidad de taludes).

Cada terraza debe contar con una cuneta revestida la que tiene por objetivo el control de aguas superficiales las mismas que deben ser llevadas a elementos de captación y entrega. De no existir facilidad para el drenaje se debe dar una gradiente sobre el pie del talud se recomienda valores del 5 al 10 % de esta forma garantizamos que el agua drene hacia el pie del talud.

Para lo cual se propone las siguientes obras:

Deslizamiento DVL-L4:

Se propone un terraseo con un total de 6 bancos con dimensiones de 2 m de ancho por 2 de alto con una longitud horizontal de banco de 150 m cada uno. (Véase Anexo, Grafico N° 3 y 4).

El área del corte de talud es de 2 m² dando un total de material removido de 1680 m³. (Véase Figura N° 8).

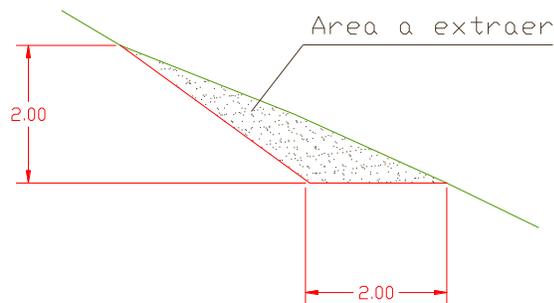


Figura N° 8

Deslizamiento DVL-L7:

Se propone un total de 6 bancos con dimensiones de 2 m de ancho por 2 de alto con una longitud horizontal de banco de 140 m cada uno. (Véase anexo, Grafico N° 5 y 6).

El área del corte de talud es de 2 m², dando un total de material removido de 1800 m², (Véase Figura N° 9).

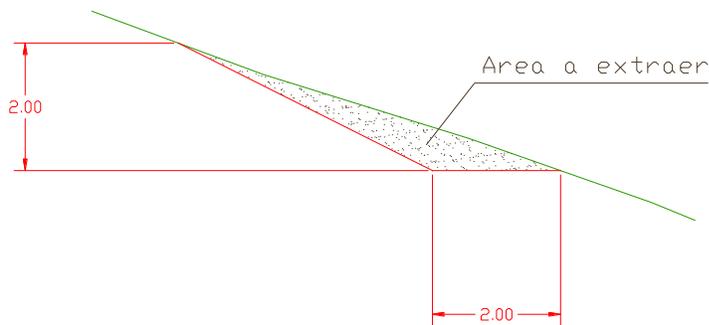


Figura N° 9

El drenaje que se dispondrá en cada uno de los bancos al pie del talud deberá ser revestido de una geomembrana para evitar filtraciones y la cuneta será rellena de material filtrante como grava y piedra el mismo que evitará la acumulación de sedimentos.

El agua recolectada se llevará a los drenes superficiales transversales que conducirán el fluido hacia la parte baja del

talud y será encausado a los drenajes naturales cerca del deslizamiento.

Se ha dispuesto un diseño de drenajes por cada deslizamiento:

Drenaje superficial:

Se define como una red o conjunto de redes que como función tienen recoger la escorrentía superficial.

Se considera los siguientes factores:

- Topográficos (altitud, espacio disponible, posible punto de desagüe de cada red).
- Climatológicos (régimen secos, régimen de lluvias).
- Geotécnicos (naturaleza y condiciones de los suelos).

Los canales son excavados de forma paralela a la corona del talud.

La distancia mínima entre la contra cuneta y la corona del corte será de 5 m para así evitar crear el inicio y guía de un nuevo deslizamiento.

En los lugares donde la dirección del flujo cambia repentinamente o donde la zanja vertical se encuentra con otros conductos de agua, deben instalarse cubetas de recepción con coberturas y una fosa simple de sedimentos, para reducir la energía del agua que corre.

Las medidas de la zanja se recomienda sean las mejores para garantizar a los obreros un trabajo seguro y cómodo, el material retirado de la misma debe ser colocado de forma que no se cree una sobre carga sobre el talud y se incremente el riesgo de movimientos de masa.

La tubería a utilizar es de tipo PVC corrugada y perforada de la casa plastigama con un diámetro nominal de 110 mm.

El diseño geométrico de la zanja como de la ubicación de la tubería lo detallamos a continuación:

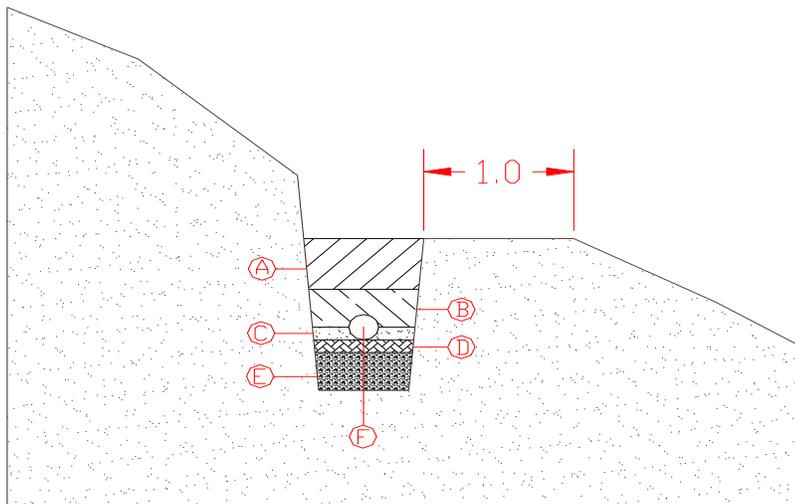


Figura N° 10

- A = relleno final compuestos de rocas de diámetro no mayor a 10 cm.
- B= relleno inicial compuesto por rocas de diámetro no mayor a 15 cm.
- C= acostillado el relleno está compuesto por rocas de diámetro no mayor a 15 cm el espesor de la capa es igual al radio de la tubería utilizada.
- D= encamado se utiliza material fino.
- E= cimiento se utiliza el mismo material que fue retirado al excavar la zanja.
- F= tubería corrugada perforada.

La berma de seguridad que se recomienda es de un metro.

La pendiente a lo largo de la zanja es de 1:100 que significa que por cada 100 m de longitud de la zanja existe 1 m de desnivel la cual es recomendada para drenajes de este tipo.

Deslizamiento DVL-L4

En línea azul se describe la disposición de la tubería la cual está en forma semicircular siguiendo la topografía del área, se propone un dren de corona en la parte superior y un dren en la misma forma en la parte media del talud.

El desalojo de las aguas recolectadas se llevarán por tubería las mismas que se encuentran en los extremos de los drenajes y desalojan en las desagües de la vía. (Véase Anexo, Grafico N° 7).

Deslizamiento DVL-L7

En línea azul se describe la disposición de la tubería del área, se propone un dren de corona en la parte superior y un dren en la misma forma en la parte media del talud.

El desalojo de las aguas recolectadas se llevarán por tubería las mismas que se encuentran en los extremos de los drenajes y desalojan en las desagües de la vía. (Véase Anexo, Grafico N° 8).

Muros

De acuerdo a las características de los movimientos se ha establecido la construcción de dos diferentes clases de muros teniendo así que en el deslizamiento DVL-L4 se realizará la construcción de un muro rígido de tipo hormigón armado y en el deslizamiento DVL-L7 se realizará la construcción de un muro flexible de tipo gavión.

Muro Rígido (DVL-L4)

Tienen como objetivo resistir o contener las fuerzas ejercidas por la masa de material deslizante que es de aproximadamente 12 ton/m² y dirigir esas fuerzas hacia las bases del muro, de donde el muro puede soportar un esfuerzo máximo de 18 ton/m².

La cimentación se debe encontrar por debajo de la superficie de rotura de la masa inestable para así garantizar su estabilidad.

El tipo de estructura a utilizar es un muro de concreto armado que ofrece gran resistencia contra las deformaciones y pueden construirse en curvas, se necesita de una muy buena fundición. (Véase Figura N° 11).



Figura N° 11

La presencia de agua superficial como subterránea en la pared posterior del muro es necesario implementar un sistema

de drenaje para evacuar las aguas y las conduzca a lugares seguros.

El sistema de drenaje debe tener la capacidad de capturar el agua antes de que afecte al muro, además se deben colocar huecos de drenaje denominados lloraderos, (Véase Figura N° 12).

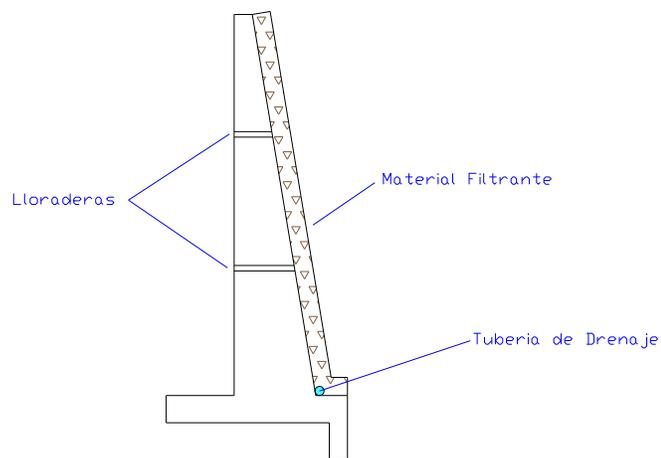
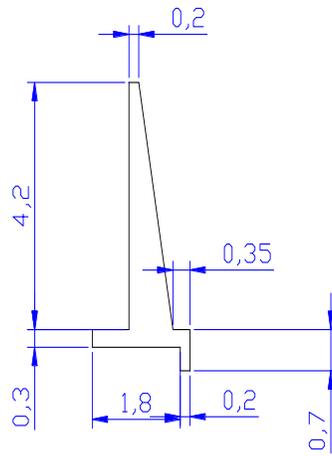


Figura N° 12

Geometría del muro.

En función de las condiciones del terreno como son la topografía y el tipo de suelo, además el ancho de la masa inestable que se considera de 140 m, se obtuvo el siguiente diseño, (Véase Figura N° 13).



Figura

N° 13

Los materiales utilizados para la elaboración del muro son:

- Grava 40%
- Arena 30%
- Cemento 20%
- Acero 4%
- Agua 6 %

La longitud del muro en este caso es de 140 m y se encuentra junto a la vía (Véase Anexo, Gráfico N° 9), se recomienda dejar un margen de la vía de por lo menos 1.5 m como medida de protección contra la vía y los que la transitan.

Muro Flexible (DVL-L7)

El muro flexible o de gavión está compuesto por mallas de alambre galvanizado llenas de cantos, formando cajones unidos por amarres de alambre.

Los muros en gaviones son estructuras de gravedad, debe tenerse en cuenta de manera muy especial el amarre entre unidades de gaviones para evitar el movimiento de unidades aisladas y poder garantizar un muro monolítico. Por su flexibilidad el muro de gaviones puede deformarse fácilmente al ser sometido a presiones, diferenciándose un poco su comportamiento de los muros convencionales.

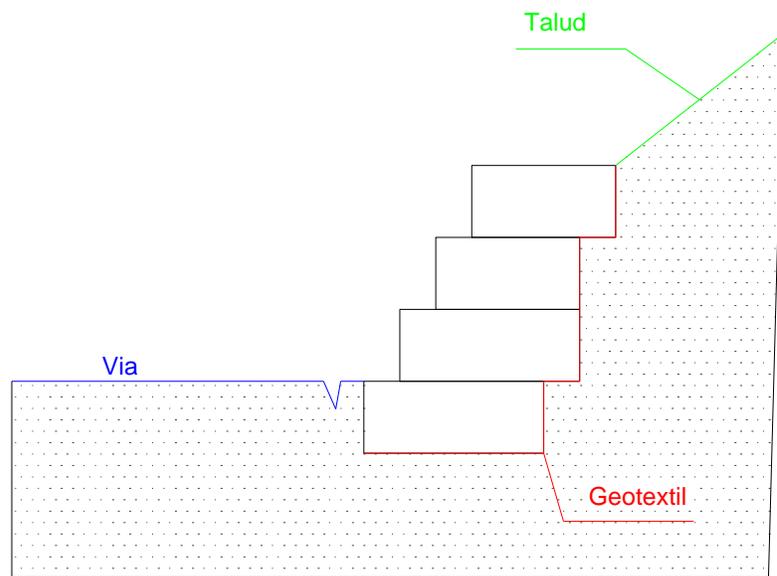


Figura N° 14

El muro puede flectarse sin necesidad de que ocurra su volcamiento o deslizamiento y es común encontrar deflecciones hasta el 5% de la altura.

Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguientes:

- Simple de construir y mantener y utiliza los cantos y piedras disponibles en el sitio. Se puede construir sobre fundiciones débiles.
- Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler o reparar.

Las canastas de gavión se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle cierta rigidez que requiere el muro.

La diversidad de empleo de diversas mallas permite escoger un rango de rigidez o flexibilidad en el muro así:

- Si se desea un muro rígido debe emplearse malla electrosoldada, rellenar el gavión con cantos grandes angulosos y colocar una buena cantidad de tirantes de rigidez.
- La malla de triple permite una mayor flexibilidad que la malla electrosoldada. Igualmente la utilización de

cantos redondeados permite una mayor deformación de la estructura del muro.

- Las mallas eslabonadas simples no se deben utilizar cuando se requiere que el muro no sufra deformaciones importantes.

La malla a utilizar en el sector de estudio será la de triple torsión.

Materiales y dimensiones de los gaviones

Materiales

En lo correspondiente a los materiales tenemos los siguientes:

- Malla.
- Alambre galvanizado de amarre.
- Geotextil.
- Piedra.

Malla

Las mallas son de tipo hexagonal de triple torsión. Las medidas de las mallas son de 8 x 10 cm ó 0.49 m²

Alambre de amarre

Se tendrá que proveer junto a los gaviones, una cantidad de alambre de amarre que permita efectuar todas las operaciones de amarre durante la construcción de la obra.

El diámetro del alambre de amarre será de 2.2 mm de diámetro.

Geotextil.

Se definen como “un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser no Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas”.

Piedra.

El tamaño máximo de los cantos debe ser superior a dos veces el ancho máximo de la escuadrilla de la malla, en nuestro caso es de 8 x 10 cm lo que implica que

Dimensiones de los gaviones

Los gaviones presentan dos cuerpos de diferentes dimensiones teniendo así las siguientes medidas:

Cuerpo A

- Ancho = 2.50 m
- Largo = 6.00 m
- Alto = 1.00 m

Cuerpo B

- Ancho = 2 m
- Largo = 6.00 m
- Alto = 1.00 m

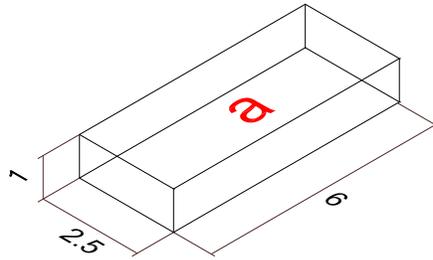


Figura N° 15

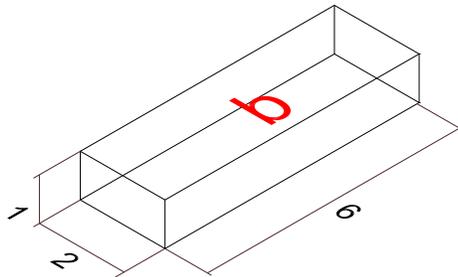


Figura N° 16

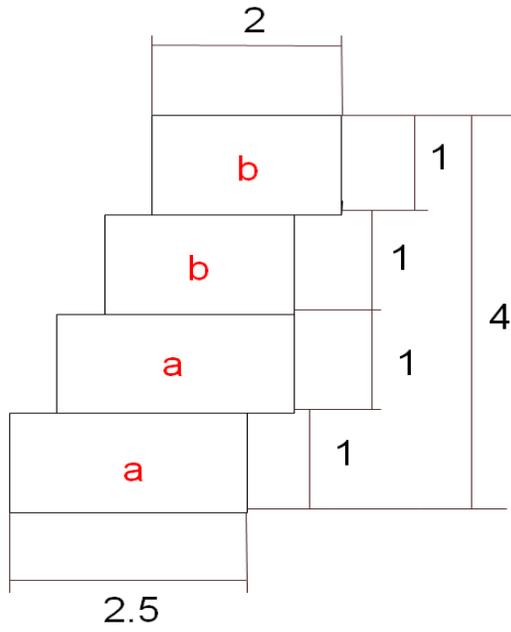


Figura N° 17 (Vista lateral)

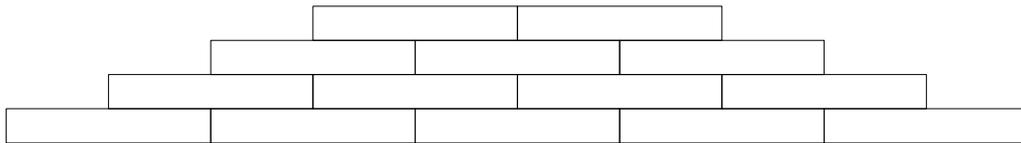


Figura N° 18 (Vista frontal)

La longitud del muro es de 150 m y de la misma forma se encuentra junto a la vía (Véase Anexo, Gráfico N° 10) para de esta forma protegerla de posibles caídas de material.

3.11.2.3. Cronogramas y presupuestos referenciales

➤ Cronogramas.

En las presentes tablas se presentan el cronograma de muro de DVL-L4 y DVL-L7, respectivamente.

Tabla N° 26, Cronograma de Muro DVL-L4	
Obras a Realizar	Días laborados
Construcción del Terraceo	10
Construcción de Muro y Drenajes	37
Levantamiento Topográficos	5

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N°27, Cronograma de Muro de DVL-L7	
Obras a Realizar	Días laborados
Construcción del Terraceo	12
Construcción de Muro y Drenajes	20
Levantamiento Topográficos	5

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

➤ Presupuestos Referenciales.

A continuación se presentan las siguientes tablas de donde se ha considerado los principales rubros, teniendo así las siguientes tablas correspondientes a los presupuestos referenciales para la construcción tanto de muros (rígidos y flexibles), terrazo y sistema de drenajes que corresponden al DVL-L4 y DVL-L7, respectivamente.

DVL-L4.

Tabla N° 28, EQUIPOS					
Id.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Excavadora	m ³	1680	0.5	840
1	Volquete de 6 m ³	m ³	1680	1.6	2688
1	Pala Mecánica	m ³	1680	1.6	2688
1	Estación Topográfica Trimble 5000	Ha	14	80	1120
				Total	7336

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 29, MATERIALES					
MATERIALES		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Tub PVC Drenaje Novafort 110mm	M	840	2.8	2352
2	Grava	m ³	96.88	12	1162.56
3	Arena Gruesa	m ³	72.66	12	871.92
4	Cemento	Kg	16940	0.13	2202.2
5	Agua	m ³	14.53	0.2	2.9
5	Acero	Kg	10760	1.6	17216
				Total	23807.58

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 30, MANO DE OBRA					
Id	Descripción	Unidad	Cantidad (Horas)	Precio Unitario	Precio Total
1	Topógrafo	1	40	1.78	71.2
2	Peón	20	296	1.78	10537.6
3	ayudante de operador del equipo	2	80	1.78	284.8
4	Albañil	3	296	1.78	1580.64
5	Operador de excavadora	1	80	2.03	162.4
6	Operador de Volquete	1	80	2.36	188.8
				Total	12825.44

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 31, SUMA DE GASTOS	
Descripción	Total
Equipos	7636
Materiales	23807.58
Mano de obra	12825.44
Gasto Total	44269.02

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

DVL-L7

Tabla N° 32, EQUIPOS					
Id.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Excavadora	m ³	1800	0.5	900
1	Volquete de 6 m ³	m ³	1800	1.6	2880
1	Pala Mecánica	m ³	1800	1.6	2880
1	Estación Topográfica Trimble 5000	Ha	14	80	1120
				Total	7780

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 33, MATERIALES					
Materiales		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Tub PVC Drenaje Novafort 110mm	M	1770	2.8	4956
2	Malla de triple torsión	M ²	4350	1.28	5568
3	Piedra	M ³	1350	5.39	7276.5
4	Geotextil TEJ 1050	M ²	770	1535	1535
5	Alambre Galvanizado N°12	Kilos	100	1.69	170
				TOTAL	19505.5

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 34, MANO DE OBRA					
Id.	Descripción	Unidad	Cantidad (Horas)	Precio Unitario	Precio Total
1	Topógrafo	1	40	1.78	71.2
2	Peón	20	160	1.78	5696
3	ayudante de operador del equipo	1	48	1.78	85.44
4	Albañil	3	160	1.78	854.4
5	Operador de excavadora	1	48	2.03	97.44
6	Operador de Volquete	1	48	2.36	113.28
				Total	6917.76

Tabla creada a partir del Programa elaborado por Ing. Jorge Gahona

Tabla N° 35, SUMA DE GASTOS	
Descripción	Total
Equipos	7780
Materiales	19505.5
Mano de obra	6917.76
Gasto Total	34203.26

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Tabla N° 36, GASTO TOTAL DE OBRAS	
Gastos de DVL-L4	42269.02
Gastos de DVL-L7	34203.26
Gasto Total	76472.28

Tabla realizada por Walter Tambo y David Vicuña.

Conclusiones parciales.

- ✓ De acuerdo a las dimensiones del movimiento se ha creído conveniente realizar construcciones de muros rígidos de concreto armado con longitudes de 140 m y muros flexibles de gaviones con longitudes de 150 m en los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7 respectivamente; tomando en cuenta el lugar en que se lo realizará de acuerdo a los lugares más latentes que pueden afectar a la vía.
- ✓ Debido a la existencia de una falla geológica en el deslizamiento DVL-L7 se creyó conveniente la construcción de un muro flexible de gaviones, ya que su peso es menor al de hormigón armado y su estructura se acopla a el movimiento que se produzca.
- ✓ Se cree conveniente la realización de Terraceo, con 6 bancos de dimensiones de 2 m de ancho por 2 m de alto, con la finalidad de disminuir la carga al talud.

3.11.3. Medidas de prevención

3.11.3.1. Planes de información, difusión y capacitación

- Plan de información: este plan consiste en la información a las diferentes entidades correspondientes ya sea gubernamentales así como privadas y en forma técnica y demostrativa de cómo y porqué se puede llegar a dar la ocurrencia de este fenómeno en la zona de estudio.
- Plan de difusión: este plan consiste en acudir a los diferentes medios de comunicación como televisión, radio y prensa escrita para hacer posible el conocimiento a toda la

sociedad de los estudios realizados y las posibles consecuencias que de desencadenarían sino se cumple con lo estipulado para prevenir daños sociales y económicos.

- Plan de capacitación: este plan consiste en dar capacitación a diferentes personas para que estas se encarguen de visitar y difundir a las diferentes comunidades de que se trata este fenómeno de deslizamientos, sus consecuencias y medidas que se deben tomar cuando se presente dicho fenómeno.

3.11.3.2. Plan de gestión de riesgos

Este plan se llevara a cabo en 6 actividades que se describirán a continuación.¹⁷

1. Todos corremos peligro: con esta actividad lo que tenemos que lograr es que la comunidad entienda que es la gestión del riesgo, reconozca que corre peligro de sufrir algún desastre y que puede hacer algo para evitarlo o disminuirlo.
2. Elaborar mapas de riesgos para la comunidad: con esta actividad lo que tenemos que lograr es que los participantes ubiquen en un mapa de la comunidad todas las amenazas que existen y la infraestructura que podría dañarse si sucede un fenómeno de movimiento en masa como lo es el deslizamiento.

¹⁷ Luis González de Vallejo (2004); Ingeniería Geológica.

Para esto tenemos que anotar en la parte superior del mapa la comunidad a la que pertenece, parroquia, cantón y provincia.

3. Se indentifica las debilidades en la comunidad: en esta actividad la comunidad deberá indentificar las debilidades que tiene para enfrentar posibles amenazas; los aspectos desfavorables que identificaremos se llaman factores de vulnerabilidad y si reconocemos bien estos factores podremos definir acciones apropiadas para evitar o disminuir los efectos de un desastre.
4. Definimos las acciones de prevención y mitigación: en esta actividad la comunidad identificará las acciones que puede hacer para evitar o disminuir los daños y pérdidas en caso de suceder la amenaza.

Las acciones que planteará la población deben estar orientadas a eliminar o disminuir las debilidades o factores de vulnerabilidad que fueron en la actividad anterior.

Aquí se debe hacer grupos para saber de hombres y mujeres que viven dentro de la zona de influencia así como fuera y crear un clima de respeto ya sea entre hombres y mujeres.

5. Seleccionamos las acciones de prevención y mitigación: con esta actividad lo que tenemos que lograr es que la comunidad seleccione las acciones de prevención que serán las mas urgentes e importantes o las que benefician a la mayoría de la población.

6. Armar la carpeta del plan comunal de gestión de riesgos: esta actividad es para que nosotros los facilitadores, organicemos todos los documentos que deben conformar la carpeta del plan de gestión de riesgo para que la comunidad los apruebe.

El plan comunal de gestión del riesgo es la propuesta de prevención y mitigación que la comunidad ha elaborado durante dos días y que entregará al comité municipal de gestión del riesgo. Tiene que estar aprobada con un acta para mostrar al gobierno municipal que este plan expresa el deseo y las necesidades de la comunidad.

3.11.3.3. Aplicación de tecnologías de monitoreo

Existen métodos de monitoreo muy simples y baratos y otros más sofisticados, precisos y caros. La decisión sobre cual utilizar dependerá sobre todo de los riesgos sociales y económicos que representa para la comunidad la eventual ocurrencia del deslizamiento.

A continuación se hace una breve descripción de algunos de estos métodos.¹⁸

1. **Inspección de campo:** los sectores considerados de mayor riesgo deben ser inspeccionados continuamente, buscando grietas en la superficie, zonas erosionadas, árboles

¹⁸ Rodríguez Castillo (2006); Estabilidad de Taludes.

inclinados, afloramientos de aguas subterráneas o cualquier otro factor que evidencie la posible ocurrencia de un deslizamiento. El personal debe ser capacitado para reconocer estas señales y avisar inmediatamente en caso de que se presente alguna de ellas.

2. **Inclinómetro:** este es un equipo costoso y puede costar 12000 USD, pero brinda una alta precisión y pueden detectar deslizamientos que ocurren debajo de la superficie, está compuesto por:

- Una computadora de campo.
- Un sensor de verticalidad que se conecta a la computadora por medio de un cable especial.
- Una tubería ranurada, instalada en el campo hasta la profundidad deseada por la que se hace bajar el sensor.
- Una computadora personal donde se procesan e interpretan los datos de campo.

Se utiliza de la siguiente manera:

- Se escoge el deslizamiento a monitorear y se procede colocar en la parte central del movimiento a 6 m del margen de la vía y se perfora verticalmente (Véase Anexos, Gráficos N° 11 y 12) correspondientes a los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7, respectivamente; con ayuda de una máquina saca núcleos, un orificio de 50 mm de diámetro hasta la profundidad que se quiere monitorear.
- Se coloca dentro del orificio una tubería ranurada de menor diámetro y se rellena el espacio entre la perforación y la tubería con arena.

- Se conecta el sensor con la computadora de campo por medio del cable.
 - Se hace descender el sensor hasta el fondo de la perforación y se espera 5 min para que se estabilice por el cambio de temperaturas antes de hacer la primera lectura.
 - Se va levantando el sensor y cada 50 cm se toma una nueva lectura hasta llegar a nivel de superficie.
 - La información almacenada en la computadora de campo se traslada a la computadora personal donde un programa elabora un gráfico que muestra la verticalidad de la perforación.
 - El primer gráfico elaborado funciona como patrón. Las nuevas medidas que se tomen se compararán contra este gráfico y cualquier diferencia será indicio de un eventual deslizamiento.
3. **Uso de Equipo de Topografía:** estos equipos alcanzan precisiones tan altas que podrían alertar de la eventual ocurrencia de un deslizamiento. Siempre es necesario contar con un punto de referencia estable desde el que se pueda medir el desplazamiento de un punto considerado riesgoso en este caso será a 20 m fuera de la influencia del movimiento tanto hacia la derecha como hacia la izquierda con respecto al deslizamiento; seguido de esto se procede a medir los puntos que anteriormente fueron establecidos en forma triangular con distancias entre los mismo de 140 m (Véase Anexos, Gráficos N° 13 y 14), correspondientes a los deslizamientos DVL-4 y DVL-L7, respectivamente.

Puede usarse equipo básico de topografía para registrar la distancia entre dos puntos anclados en el terreno o incluso un sistema que use la tecnología GPS. Esta moderna tecnología realiza mediciones desde satélites en órbita y

ofrece una precisión suficientemente alta para detectar la ocurrencia inminente de un deslizamiento.

4. **Nivel de aguas subterráneas:** la estabilidad de un talud depende en gran medida del nivel freático. Un terreno seco es mucho más estable que un terreno saturado, por lo que es muy importante medir y controlar el nivel de las aguas subterráneas.

Este método es más sencillo, consiste en hacer una perforación a 50 metros a una profundidad mayor que el nivel freático en época seca y medir de manera periódica el nivel de las aguas respecto a un punto fijo, .(Véase Anexo, Grafico N° 15 y 16) correspondientes a los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7, respectivamente.

En caso de que se detecte un aumento en el nivel freático o que las aguas estén alcanzando los cimientos de alguna estructura, deberán tomarse medidas para bajar ese nivel.

4. DISCUSIÓN

En el área de estudio correspondiente a la vía Loja – Malacatos, específicamente en el tramo comprendido entre Cajanuma – Landangui; se caracteriza por presentar ramas montañosas altas, medias y bajas con pendientes que van desde los 66% hasta llegar a pendientes del 96% de inclinación de acuerdo a levantamientos topográficos realizados a detalle de los diferentes deslizamientos existentes en el lugar, mismos que han sido corroborados con los resultados obtenidos en el mapa topográfico que da como resultado del trabajo realizado.

Teniendo de esta manera características topográficas definidas se realizaron calicatas en la parte correspondiente a la corona de los deslizamientos en estudio, mismos que fueron apreciados en el campo y corroborados con los pertinentes análisis de laboratorio, teniendo como resultado de acuerdo a la clasificación AASHTO un suelo A-2-6 que significa que está compuesto por grava y arena arcillosa y limosa, lo que hace que en períodos de precipitaciones sean propensos a movimientos en masa.

De igual manera se realizó la descripción de afloramientos de donde se pudo apreciar la presencia de material coluvial de matriz limosa-arenosa con detritos angulares e incrustaciones de cuarzos que oscilan entre los 0.50 cm hasta los 3 m de potencia con discontinuidades de foliación menores a 60 mm, de igual forma se pudo apreciar en la parte baja de los deslizamientos en estudio roca metamórfica como esquistos con potencias indefinidas y con fracturas en la roca haciendo menor su resistencia, así mismo se encuentra material aluvial esto debido al arrastre de material al pie del tal y que este a su vez se encuentra en continuo desgaste por la acción del curso del Río Malacatos.

La geomorfología del sector de estudio está dado por montañas altas con pendientes mayores al 119% ó 50°, predominando montañas medias y bajas ramificadas en la parte norte, occidente; se encuentran de igual forma colinas altas

con pendientes que van desde 48% hasta 119% en la parte norte y suroeste; así mismo se tiene tanto en la parte norte como en el sur colinas bajas; y en la parte sur del área limitando hasta la parte central valles aluviales y por último valles coluvio-aluviales en la parte norte de área de estudio.

En lo correspondiente a cobertura vegetal cabe destacar que se tiene la presencia de vegetación arbórea en un 40.52%, herbácea en un 48.22% y arbustiva en un 11.26%; los cuales se encuentran distribuidos en la zona de estudio y de donde se puede determinar que en diferentes áreas no existe tanta variedad de esta cobertura vegetal que permitan mediante la adsorción de agua de sus raíces del subsuelo y hacer que el terreno sea más estable y no se presenten movimientos en masa.

Mediante análisis realizados tanto de suelos como de roca de los deslizamientos en estudio y con procesos y cálculos del factor de seguridad (Ft) de HOEK y BRAY de donde se establece que:

- Los valores de $F_t > 1$; indican condiciones estables.
- los valores de $F_t < 1$; indican condiciones inestables.
- Y los valores $F_t=1$; indican que la ladera se encuentra en el punto de rotura.

Se ha determinado que Ft de estos movimientos en masa son menores a 1 lo que implica que es necesario realizar obras de previsión como por ejemplo la construcción de muros, terraceo y drenes, esto siempre y cuando se cuente con la debido financiamiento que en este caso no existe.

Los factores condicionantes son aquellos denominados como factores pasivos ya que dependen de su propia naturaleza, forma y estructura del terreno por lo que en el área de estudio se tiene el relieve y la geodinámica como factores que podrían ocasionar movimientos en masa; no así los factores desencadenantes que se tornan

en fuerzas externas que provocan la inestabilidad del terreno debido a factores como la precipitación que en períodos de enero-abril varían entre 750 – 1250 mm/año, siendo más frecuentes y de mayores proporciones en estos períodos lo que provoca que el suelo se sature y se torne más pesado y con pendientes que sobrepasen el 100% podrían producirse deslizamientos; así mismo la construcción de la vía Loja-Malacatos provocó la pérdida de resistencia del talud en la montaña lo que hace posible futuros movimientos en masa como lo son los deslizamientos.

En lo que concierne al área de estudio se realizó un inventario del tramo Cajanuma-Landangui teniendo como resultado diez movimientos en masa que si distribuyen de la siguiente manera: un desprendimiento y nueve deslizamientos, de donde se ha considerado estudiar dos de los más grandes en cuanto a su área y volumen comprenden, teniendo así y como se mencionó anteriormente que el factor de seguridad de estos dos deslizamientos fue menor a la unidad por lo que se consideraran de acuerdo a HOEK y BRAY que presentan condiciones de inestabilidad.

La aplicación del SIG con elementos software hace posible la realización de mapas con mayor facilidad ya que permite la superposición de mapas temáticos de manera más rápida y sencilla mismos que han sido elaborados con datos obtenidos en el campo e información proporcionada por diferentes entidades a fines a estos datos en la consecución de diferentes proyectos como por ejemplo “PREDESUR” y el “Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología”, llegando a recopilar información necesaria y por ende la realización de un mapas de susceptibilidad.

Teniendo como resultado del mapa de susceptibilidad del tramo Cajanuma-Landangui, áreas desde muy baja susceptibilidad con vegetación herbácea que comprende el 1.25% que representa 190.92 Ha; área de baja susceptibilidad el cual se encuentra en la parte central y oriental del área, presenta vegetación arbórea y presencia de suelos erosionados, teniendo así que esta área comprende el 25.44% que representa 3884.89 Ha; área de media susceptibilidad que comprende la mayoría

del sector de estudio, presenta vegetación herbácea-arbustiva y comprende el 68.73% que representa 10496.130 Ha; área de alta susceptibilidad corresponde a la parte central pero en menor proporción de la zona de estudio, se encuentra adyacente a la vía Cajanuma-Landanguí, en donde se presenta suelos meteorizados así como materia coluvial y aluvial y presencia de rocas metamórficas y escasa cobertura vegetal, laderas con pendientes altas y medias, esta área comprende el 4.20% que representa 641.679 Ha; y por último se tiene el área de muy alta susceptibilidad que corresponde a la prolongación de la vía Cajanuma-Landanguí, correspondiente a zonas que están registradas en el mapa de inventario de movimientos en masa, y que tiene la presencia de material coluvial y aluvial así como vegetación herbácea teniendo actividades agrícolas y de ganadería, esta área comprende el 0.37% que representa 56.555Ha aproximadamente.

5. CONCLUSIONES

- El presente proyecto de tesis ha revelado la existencia de diez movimientos en masa en la vía Loja-Malacatos, en el tramo correspondiente Cajanuma - Landangui. Provincia de Loja.
- Dada la existencia de los movimientos en masa en el tramo Cajanuma-Landangui se determinó la existencia de un desprendimiento y nueve deslizamientos.
- En función del área, pendientes y daños visibles en la vía se procedió al estudio específico de los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7.
- Existe la presencia de relieve montañoso con pendientes desde el 100% ó 45° hasta el 373% ó 75° lo que condiciona la estabilidad de los deslizamientos.
- Los deslizamientos son más propensos a ocurrir en períodos de precipitaciones como lo son enero-abril.
- En base a valores obtenidos de los análisis de suelos de los deslizamientos DVL-L4 y DVL-L7, se determinó el factor de seguridad mediante el método de HOEK y BRAY obteniendo los siguientes valores en los movimientos a estudiar DVL-L4= (fs=0.9) y DVL-L4= (fs=0.9), teniendo así que los movimientos con valores menores a uno se los clasifica como inestables, teniendo que adecuar medidas de previsión como muros, terraceo y drenajes.
- De acuerdo a las características de los movimientos se establece que en el deslizamiento DVL-L4 se debe adecuar un muro rígido de 140 m de longitud total de hormigón armado y en el DVL-L7 por la presencia de una falla geológica se establece la conveniencia de construir un muro de gaviones de 150 m de longitud.
- Se elaboró un mapa de inventario de movimientos en masa del tramo de la vía comprendido entre Cajanuma-Landangui.
- El desarrollo del presente proyecto de tesis servirá como sustento previo para futuros estudios que cuenten con el capital necesario y por ende realizar todos los análisis y métodos de prevención y previsión que el lugar requiera.

- La realización de un mapa de susceptibilidad del área de estudio quedará a servicio de las diferentes entidades tanto públicas como privadas para su respectiva difusión a la sociedad.

6. RECOMENDACIONES

- Para la realización de futuros estudios tratar de obtener el financiamiento necesario para el desarrollo completo y detallado que necesita un tema como lo es la susceptibilidad a deslizamientos.
- Realizar limpiezas cada cierto período de tiempo de las obras de drenaje para su mejor desempeño (en el caso de que se construyeran).
- Reforestar con especies herbáceas idóneas para contribuir con la estabilidad del talud.
- Evitar colocar obras de infraestructura al talud para evitar sobrecargas y prevenir deslizamientos.
- La difusión del proyecto se deberá realizar en horarios picos para obtener más cobertura en la sociedad.
- El plan de gestión de riesgos deberá ser llevado por todos los habitantes del área.

7. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- ✚ Asociación de Carreteras del Japón (1984); Manual de Protección de Taludes.
- ✚ Burrough, P.A. (1986); Principles of Geographical information systems and land resources assessment.
- ✚ Consorcio Binacional Ecuador - Perú (2003); Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira Estudio de Caracterización Territorial.
- ✚ Jaime Suárez Díaz; Deslizamientos y Estabilidad Taludes.
- ✚ J. B. Kennerley (1973); Geología de la Provincia de Loja en la República del Ecuador. Inf. D.G.G.M. Quito.
- ✚ Kanungo (1993); Criterios para determinar el grado de susceptibilidad de los deslizamientos.
- ✚ Leonardo Casanova M. Aplicaciones de las curvas de nivel

- ✚ Leroi E. (1996); Landslide Hazard – Risk maps at different scale: objectives tools and developments.
- ✚ Lima de Montes; Generación de mapas de susceptibilidad y riesgos a los deslizamientos de un SIG aplicado a la zona central de Asturias.
- ✚ Luís González de Vallejo (2004); Ingeniería Geológica.
- ✚ Luke O. (1998); Base conceptual y metodología para los escenarios de ordenamiento territorial, Costa Rica.
- ✚ Morgenstem, N.R (1997); Toward Landslide risk assessment in practice.
- ✚ Pablo Enrique Caro Peña y Jesus Garcia Nùñes (2006); Fenómenos de remoción en masa.
- ✚ PREDESUR (1998); Recopilación de información digital del sector Loja – Malacatos.
- ✚ Rodriguez Castillo (2006); Estabilidad de taludes.

✚ T.A.M.S. – ASTEC (2003); Normas de diseño geométrico.

Revistas:

✚ Instituto Nacional de Meteorología (2008); Recopilación de datos de Precipitaciones y Temperaturas del sector Loja – Malacatos.

✚ INERHI – PREDESUR – CONADE (2008); Plan Integral de los Recursos Hídricos de la Provincia De Loja.

✚ Programa UNIGIS de Postgrado y Máster Internacional a distancia en SIG. Memoria Digital.

Sitios Web:

✚ <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/140MovTie rr.htm#POBLACION>

✚ http://www.cne.go.cr/educacion/Modulo_sobre_deslizamientos.htm

8. ANEXOS

