



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

“INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA
OCURRENCIA DE PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA
VIA LOJA-ZAMORA, SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SABANILLA Y
ZAMORA”

Tesis de grado previa a la obtención del título
en
INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL

AUTORAS:

Livia Mercedes Ramos Ludeña
Narcisca Fernanda Urzúa Ramón

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines

ASESORES:

Ing. Elías Ibadango
Ing. Cristian José Correa Campuzés

LOJA – ECUADOR
2009

“INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA OCURRENCIA DE PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA LOJA-ZAMORA, SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SABANILLA Y ZAMORA”

CERTIFICACIÓN

Ing. Jimmy Stalin Paladines, Director de la tesis de grado que versa:

“INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA OCURRENCIA DE PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA LOJA-ZAMORA, SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SABANILLA Y ZAMORA”

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, autorizó su presentación.

Ing. Jimmy Stalin Paladines.

DIRECTOR DE TESIS

Loja, Mayo 2009

AUTORÍA

La originalidad del presente trabajo investigativo, recopilación de la información, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, así como las metodologías de la programación contemplada en la presente tesis de grado: “INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA OCURRENCIA DE PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA LOJA-ZAMORA, SECTOR COMPRENDIDO ENTRE SABANILLA Y ZAMORA”, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

.....
Livia Mercedes Ramos Ludeña.

.....
Narcisa Fernanda Ureña Ramón.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Stalin Paladines por su paciencia y sugerencia para el desarrollo del presente trabajo.

A los profesores de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por participar en la formación académica a través de su experiencia y conocimientos en todos estos años de estudios: Ing. Michael Valarezo, Ing. Enrique Figueroa, Ing. Carlos Magno Chamba, Ing. Julio Romero, Ing. Hernán Castillo, Ing. Com. Iván Borrero,.....

Al personal técnico de la DINAGE entre ellos a los ingenieros: Elías Ibadango, Marcelo Oleas, Luis Pilatasig, Diego Gordón, Marlon Ponce, Luis Nacimba, por su apoyo, paciencia, por los buenos momentos vividos y por enseñarnos las ciencias ocultas?????

Al Ing. Cristian Correa, por su colaboración, consejos profesionales para la elaboración de la misma, por enseñarnos lo que es el apoyo incondicional.

Al Ing. Ramiro Enríquez, por la confianza y amistad incondicional brindada en esta etapa de nuestras vidas.

Al Ing. Fabián Sotomayor por su colaboración, enseñanzas, y sobre todo paciencia para despejar nuestras dudas.....

A nuestros amigos Manuel Cuenca, Oswaldo Coronel, Carlos Bastidas por colaborar a la causa; en los trabajos de campo además por su amistad y buen sentido del humor...

Un agradecimiento especial a Diego Iturralde (El ñaño), por su confianza, cariño, amistad.

Al señor Dennis Ramos por su apoyo y comprensión en los momentos de crisis (el sabe a lo que me refiero atte. Livia).

DEDICATORIA

A mis padres Franklin Ramos y Libia Ludeña por su apoyo incondicional y paciencia en el transcurso de mi carrera....los Quiero Mucho.

A mis hermanos Dannya, Marielisa, y Argenis por su apoyo y sus bromas.

A mis sobrinos Melissa, Argenis, Diego Sebastián, y la gorda que viene en camino siempre serán mi alegría.

A la Virgen del Cisne que en los momentos difíciles me ayudo a seguir adelante.

LIVIA

A mis padres Florencio y Isabel por su apoyo incondicional, por enseñarme a levantarme en los momentos difíciles de la vida y por su paciencia a lo largo de toda mi vida estudiantil.

A mis hermanos por su apoyo incondicional, por su tiempo ellos saben para que.....

A mi hija Mayelita, la razón de mi vivir.

A Dios, quien me acompañó en cada paso de mi vida.

FER

RESUMEN EJECUTIVO

En el sector comprendido entre Sabanilla y Zamora es una zona de gran influencia a los movimientos en masa, encontrándose así un promedio de 31 deslizamientos, en algunos de los de estos movimientos se puede observar retrogresión de los mismo, los cuales causan daño de manera directa principalmente a la vía que conduce de Loja a Zamora. En este sector se presentan pendientes de hasta 90° y alturas que van de 940 a 2000msnm.

Los sondeos de los 31 deslizamiento, a través de observaciones de campo en, se pudo identificar diaclasas con dirección N-S, con espaciamento de 0.05mm, así como también filitas con foliación N-S/78°, que presentan una

foliación en contra de la topografía, también se pueden encontrar esquistos fracturados con una foliación que va de 65°/75°. Del mismo modo se localizó Gneis de grano grueso con una foliación N2°O. Se observó dos falla determinadas entre la formación Chiguinda y Terreno Zamora, las cuales se cree que sería una causa de los movimientos en más presentes en el sector, otras anomalías en el terreno se alinean con alguna estructura y, en algunas construcciones, las fracturas se asocian con la reptación del suelo.

Aunque aparentemente la saturación del agua favorece el movimiento, el tipo de roca también influye para que se produzcan este tipo de movimientos.

En caso de un evento desencadenante como pueden ser factores antrópicos como cargas en el talud, construcción de la vía, movimientos por cambio de talud, es probable que otros planos de falla se reactiven y con seguridad, los planos de contacto seguirán actuando como planos de deslizamiento bajo condiciones de pendientes favorables.

El efecto producido por las abundantes precipitaciones en el sector como agente promotor de deslizamientos, y para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que correlaciono las precipitaciones, la geología y las pendientes del sector de estudio y de esta manera tomar en cuenta que tipo de movimiento se puede producir.

A pesar de la gran cantidad de trabajos existentes, son escasos, como se verá, los que abordan de manera explícita la obtención de mapas de la influencia de la actividad antrópica a los movimientos en masa, y todavía menos los que lo hacen de manera cuantitativa.

Sin embargo, dado que los deslizamientos generan gran cantidad de daños, parece claro que es necesario desarrollar herramientas que permitan estimar las pérdidas futuras producidas por este proceso natural y ayuden a poner en práctica medidas de reducción de daños, para evitar o disminuir tales pérdidas.

Los resultados que ofrecen los mapas generados para determinar la influencia de las actividades antrópicas a movimientos en masa, proporciona información de los lugares donde influyen de manera directa para que se produzcan los diferentes tipos de movimientos en masa, pero existen aún

ciertas incertidumbres que se deben resolver, y que permitiría mejorar la información existente.

Dicho estudio permitió el desarrollo de un mapa que representa en que porcentajes este influyendo las actividades antrópicas a la ocurrencia a movimientos en masa y de esta manera proponer medidas o acciones de previsión y prevención necesarias con el fin de preparar a la población ante las amenazas fenómenos de Remoción en Masa.

INDICE

CAPITULO 1

1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos y Alcance.....	2
1.1.1. Objetivos.....	2
1.1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.1.2. Objetivo Especifico.....	2
1.1.2. Alcance.....	3

CAPITULO 2

2. Revisión Literaria.....	5
2.1. Definición de Términos.....	5
2.1.1. Desastres.....	5
2.1.2. Riesgos.....	5
2.1.3. Amenaza.....	6
2.1.4. Susceptibilidad.....	6
2.1.5. Vulnerabilidad.....	6
2.1.6. Análisis de Vulnerabilidad.....	6
2.2. Movimientos en Masa.....	7
2.2.1. Definición.....	7
2.2.2. Tipos de movimientos en masa.....	7
2.2.2.1. Caídas de Rocas.....	9
2.2.2.2. Vuelcos (Toppling).....	10
2.2.2.2.1. Vuelco Flexional.....	10
2.2.2.2.2. Volcamiento en Bloques.....	10
2.2.2.2.3. Vuelco Flexural.....	11
2.2.2.3. Deslizamientos (Slide).....	12

2.2.2.3.1.	Deslizamiento	Traslacional	
	(Translational Slide).....		12
2.2.2.3.1.1.	Deslizamiento Planar.....		13
2.2.2.3.1.2.	Deslizamiento en Cuña..		13
2.2.2.3.2.	Deslizamiento Rotacional.....		14
2.2.2.3.3.	Deslizamiento Compuesto.....		14
2.2.2.4.	Propagación Lateral.....		15
2.2.2.5.	Flujos.....		15
2.2.2.5.1.	Flujo Seco.....		16
2.2.2.5.2.	Flujo de Detritos.....		16
2.2.2.5.3.	Crecida de Detritos.....		17
2.2.2.5.4.	Flujo de Lodo.....		18
2.2.2.5.5.	Flujo de Tierra.....		18
2.2.2.5.6.	Deslizamiento por Flujo.....		19
2.2.2.5.7.	Avalancha de Detritos.....		19
2.2.2.5.8.	Avalancha de Rocas.....		20
2.2.2.6.	Reptación.....		20
2.2.2.7.	Deformaciones	Gravitacionales	
	Profundas.....		21
2.3.	Análisis de Factores Condicionantes y Desencadenantes		
2.3.1.	Factores Condicionantes.....		22
2.3.1.1.	Relieve.....		23
2.3.1.2.	Litología.....		23
2.3.1.3.	Estructura Geológica.....		24
2.3.1.4.	Propiedades Geomecánicas.....		25
2.3.1.5.	Meteorización.....		26
2.3.2.	Factores Desencadenantes		27
2.3.2.1.	Sismos.....		28
2.3.2.2.	Precipitaciones y Aportes de Agua.....		28
2.3.2.3.	Aplicaciones de Q/Q`		30
2.3.2.4.	Cambios en la Geometría.....		30
2.3.2.5.	Acciones Climatológicas Severas.....		30

2.3.3. Factores Antrópicos.....	31
2.3.3.1. Cambios en la Topografía y Cargas en el Talud.....	31
2.3.3.2. Cambios en las Condiciones de Humedad.....	31
2.3.3.3. Vibraciones.....	32
2.3.3.4. Cambios en la Cobertura Vegetal.....	32
2.3.3.5. Otros Factores Antrópicos.....	32
2.4. Uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	33
2.4.1. Utilización del SIG.....	34
2.4.2. Inventario de Deslizamientos.....	35
2.4.3. Análisis Heurístico.....	36

CAPITULO 3

3. Materiales y Métodos.....	38
3.1. Introducción.....	38
3.2. Materiales.....	38
3.2.1. De Campo.....	38
3.2.2. De Gabinete.....	39
3.3. Métodos.....	39
3.3.1. Objetivo 1.....	39
3.3.1.1. Trabajo de Campo.....	39
3.3.1.2. Trabajo de Gabinete.....	43
3.3.2. Objetivo 2.....	44
3.3.2.1. Trabajo de Campo.....	46
3.3.2.2. Trabajo de Gabinete.....	47
3.3.3. Objetivo 3.....	54
3.3.4. Objetivo 4.....	59

CAPITULO 4

4. Resultados	61
4.1. Descripción General del Área de Estudio.....	61
4.1.1. Acceso.....	61
4.1.2. Morfología.....	62
4.1.3. Geología Regional.....	65
4.1.4. Geología Local.....	68
4.1.5. Geología Estructural.....	69
4.2. Clima y Vegetación	71
4.2.1. Clima.....	71
4.2.2. Vegetación.....	71
4.3. Hidrología.....	72
4.4. Uso Actual del Suelo.....	73
4.5. Bosques Protectores y Áreas de Interés Ambiental	75
4.6. Evaluación de las Metodologías Utilizadas.....	76
4.6.1. Mapa de Inventario de Movimientos en Masa.....	76
4.6.2. Mapa de Pendientes.....	86
4.6.3. Mapa de Precipitaciones.....	88
4.6.4. Mapa Geológico.....	90
4.6.5. Mapa de susceptibilidad.....	91
4.6.6. Vulnerabilidad Física.....	94
4.6.7. Vulnerabilidad Socioeconómica	96
4.6.8. Relación de la Vulnerabilidad Física con la Socioeconómica.....	99
4.6.9. Mapa de Influencia Antrópica.....	100
4.7. Medidas de Previsión y Prevención.....	103
4.7.1. Medidas de Previsión.....	103
4.7.1.1. ¿Qué hacer antes?.....	103
4.7.1.2. ¿Qué hacer durante?.....	105
4.7.1.3. ¿Qué hacer después?.....	106
4.7.2. Medidas de Prevención.....	107

5. Discusión.....	109
6. Conclusiones.....	116
7. Recomendaciones.....	119
8. Bibliografía.....	121
9. Anexos	126

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.

La Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, como ciencia aplicada al estudio y solución de problemas que se producen por la interacción del medio geológico y la actividad humana, tiene entre sus principales aplicaciones están; la evaluación, prevención y mitigación de los riesgos geológicos ocasionados por los procesos geodinámicos.

Se puede pensar que los deslizamientos son fenómenos que no se los pueden pronosticar, pero esto es una de las mayores equivocaciones puesto que la causa de la mayoría de deslizamientos es producida por las propias actividades humanas que en su desordenado interés de expansión urbana no considera todos aquellos movimientos las zonas susceptibles a los movimientos en masa.

Es común que en nuestro país, con estaciones lluviosas fuertes, encontremos movimientos en masa obstruyendo carreteras y caminos, esto por desprendimientos de materiales de las laderas que arrasan todo a su paso.

La situación de los problemas geológicos-ambientales que se muestran en los movimientos en masa, existentes en la vía Loja-Zamora, que pertenece a la parte Sur Oriente del Ecuador; se los considera uno de los principales efectos socio económicos que afecta a la sociedad. Ya que estos producen afectaciones directas o indirectamente a las economías, al producir un sin número de daños hacia obras de infraestructura y en casos extremos hasta pérdidas de vidas humanas.

Los deslizamientos poseen varias tipologías y variedad de factores condicionantes y desencadenantes, los más comunes en sector de estudio son: topográficos debido a sus pendientes abruptas, estas se relacionan con las precipitaciones que sobrepasan los 1500 a 2000mm de agua al año, generando gran inestabilidad en el sector.

Por tal motivo, se creyó necesario adaptar metodologías de acuerdo a la situación; demográfica, socio-económica y a los factores antrópicos, con la finalidad de dar obtener información real, la misma que ayudo a proponer medidas de previsión y prevención, con lo cual se dará cumplimiento a los objetivos propuestos en el presente proyecto.

1.1. OBJETIVOS Y ALCANCE.

1.1.1. Objetivos.

1.1.1.1. Objetivo General.

Determinar la influencia de las actividades antrópicas en la ocurrencia de procesos de movimientos en masa en la carretera Loja – Zamora, sector comprendido entre Sabanilla y Zamora.

1.1.1.2. Objetivos Específicos.

Ubicar e Identificar los principales movimientos en masa en la vía Loja Zamora en el tramo Sabanilla y Zamora.

Establecer los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa del sector de estudio.

Elaborar un mapa de vulnerabilidad del área de estudio, relacionando vulnerabilidad socio –económica y física.

Realizar un análisis e interpretación de los principales factores antrópicos ocasionantes de movimientos en masa lo que permitirá desarrollar medidas de previsión y prevención.

1.1.2. Alcance.

El área de estudio comprende una superficie aproximada de 23.5 Km. Tomados desde el kilómetro 30 comprendido desde la Parroquia Sabanilla hasta el Kilómetro 53+500 del Cantón Zamora (Imagen 4.1), tomando como referencia una zona de influencia de 500 m, a cada lado de la carretera, en el se realizo la identificación de los principales deslizamientos a través, de fotografías aéreas; con esta información se procedió a un reconocimiento en el terreno de los elementos identificados en la fotointerpretación. Dicho estudio se lo realizo sobre fotos del año 2006 a escala 1:10.000.

Cabe recalcar que el estudio se lo hizo a lo largo de la carretera y adicionalmente se tomaron datos de la tesis realizada por el Sr. Cristian José Correa Campués.

Para realizar la identificación, ubicación y evaluación de los diferentes movimientos de masa, antes mencionados se realizó sobre la base topográfica actual de la carretera Loja-Zamora. De forma general para determinar la vulnerabilidad e influencia de los factores antrópicos a los movimientos en masa, se tomaron en cuenta factores como: clima, uso del suelo, factores antrópicos, litología, topografía, pendientes para de esta manera se aplicar diversas metodologías adaptadas a las situaciones del terreno.

Finalmente con las observaciones en el terreno a lo largo de la carretera, se desarrollan recomendaciones generales para contribuir a la previsión y prevención de los impactos causados por los movimientos en masa que afecta de forma directa a la carretera.

CAPITULO II

2. REVISION DE LITERATURA

Para la elaboración de la presente investigación se cree conveniente revisar una serie de conocimientos, los mismos que ayudaran a interpretar las interrogantes que se puedan presentar en el desarrollo de la misma.

2.1. Definición de Términos.

2.1.1. Desastre

“Es un evento o suceso de origen natural, antrópicos o socio natural, que la mayoría de los casos ocurren en forma repentina y que causa pérdidas de vidas Humanas y animales, de bienes y servicios, así como alteraciones del ambiente y la sociedad, y que determina la necesidad de asistencia e intervención.” Jiménez (2007).¹

2.1.2. Riesgo

“Riesgo es el número esperado de vidas humanas pérdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno.” (Varnes 1984).¹

¹ Suarez, J., “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales”, Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga Colombia, Pág. 356-359. 1998.

2.1.3. Amenaza.

“Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen o áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia. También es importante describir las velocidades y las velocidades diferenciales de los deslizamientos.

Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo”.¹

2.1.4. Susceptibilidad.

“La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.”¹

2.1.5. Vulnerabilidad.

“La vulnerabilidad es el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada”. (Varnes 1984).¹

2.1.6. Análisis de Vulnerabilidad.

“El objetivo es medir el grado de daño o probabilidad de pérdida de vidas debida a la interacción del elemento en riesgo cuando el deslizamiento”.²

2.2. Movimientos de masa.

2.2.1. Definiciones.

“El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad” (Cruden, 1991).²

2.2.2. Tipos de Movimientos en Masa.

“Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta

¹Suarez, J., “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales”, Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga Colombia, Pág. 356-359. 1998.

²Libro de Movimientos en Masa para la Región Andina

manera, presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material.”²

Tabla 2.1. Tipos de movimientos en masa.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente. Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988)

Tabla 2.2. Escala de velocidades

Clases de	Descripción	Velocidad	Velocidad típica
------------------	--------------------	------------------	-------------------------

velocidad		(mm/s)	
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	Rápido	5×10^{-1}	1,8 m/h
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

Fuente. Cruden y Varnes (1996).

2.2.2.1. Caídas de Roca (Fall)

“La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento” (Varnes, 1978).²



Fotografía 2.1. Caída de Rocas.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.2. Vuelcos (Toppling)

“Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por

acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas.” (Varnes, 1978).²

El volcamiento puede ser: en bloque, flexional y flexural del macizo rocoso como se describe a continuación.

2.2.2.2.1. Vuelco flexional

“Involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante”.²

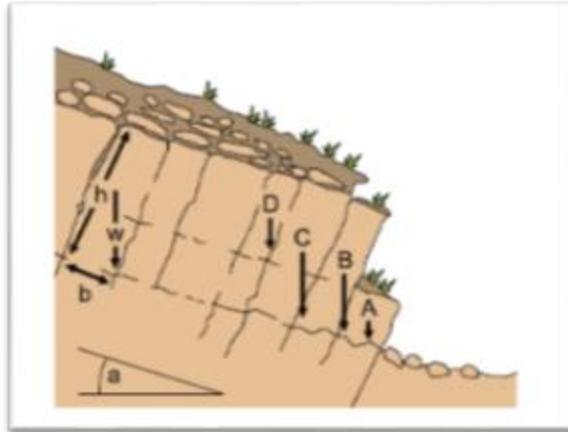


Fotografía 2.2. Vuelco Flexional.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.2.2. El volcamiento de bloques

... “Es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas”...



Fotografía 2.3. Vuelco en bloque

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.2.3. El vuelco flexural

“En cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales” Goodman y Bray (1976).²



Fotografía 2.4. Vuelco Flexural

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.3. Deslizamientos (Slide)

“Es un movimiento ladera es una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

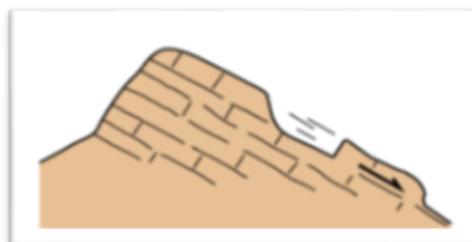
Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988)".²

2.2.2.3.1. Deslizamiento traslacional (Translational slide)

“Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella.” (Cruden y Varnes, 1996).²

2.2.2.3.1.1. Deslizamiento Planar

“En los casos en que la traslación se realiza a través de el plano se denomina.” (Hoek y Bray, 1981)²



Fotografía 2.5. Deslizamiento Planar.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.3.1.2. Deslizamiento en cuña (wedge slide)

“Es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se interceptan entre si e interceptan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos”²

La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida.



Fotografía 2.6. Deslizamiento en Cuña

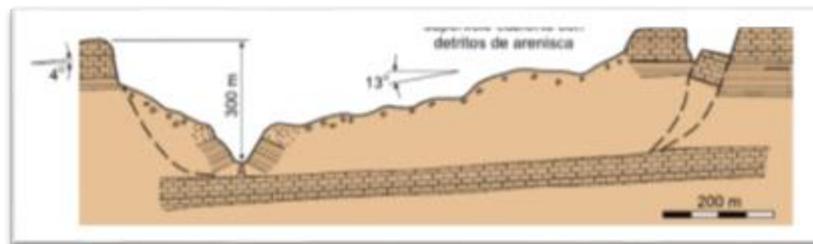
Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.3.2. Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

“Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas”²

2.2.2.3.3. Deslizamiento compuesto

“La superficie de ruptura se desarrolla lo largo de planos de plegamiento, o por la intersección de varias discontinuidades planares o por la combinación de superficies de ruptura y de planos de debilidad de la roca. El movimiento a lo largo de superficies de deslizamiento compuestas no es cinemáticamente posible sin que ocurra cizalla interna significativa en el cuerpo del deslizamiento” (Hutchinson, 1988)²



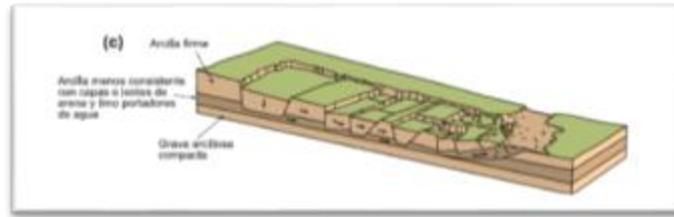
Fotografía 2.7. Deslizamiento Compuesto

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.4. Propagaciones Lateral (Lateral Spread)

“La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material.”²

“Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo; Varnes (1978) distingue dos tipos de propagación: uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico.”²



Fotografía2.9. Expansiones laterales

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5. Flujos (Flow)

“Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída.” (Varnes, 1978).²

“Los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas”. Hungr et al. (2001)²

La descripción de los siguientes tipos de flujo se basa principalmente en los autores ya mencionados, Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005).

2

2.2.2.5.1. Flujo secos

“El término *flujo* trae naturalmente a la mente la idea de contenido de agua, y de hecho para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren con alguna frecuencia pequeños flujos secos de material granular y se ha registrado un número considerable de flujos grandes y catastróficos en materiales secos.” (Varnes, 1978).²



Fotografía 2.9. Flujos Secos.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.2. Flujo de detritos (Debris flows)

“Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos”²



Fotografía 2.10. Flujo de Detritos.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.3. Crecida de detritos (Debris floods)

“Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados.” (Hungr et al., 2001).²



Fotografía 2.11. Crecida de Detritos.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.4. Flujo de lodo (Mud flow)

“Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material.” (Hungr et al., 2001)²



Fotografía 2.12. Flujo de Lodo.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.5. Flujo de tierra (Earth flow)

“Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico.”(Hungret al., 2001)²

“Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto.” (Hutchinson, 1998)²



Fotografía 2.13. Flujo de Tierra

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.6. Deslizamiento por flujo (deslizamiento por licuación) (Flow slide)

Hungr et al. (2001) “lo definen como flujo muy rápido o extremadamente rápido de una masa de suelo con estructura granular ordenada o desordenada. Ocurre en taludes de pendiente moderada e involucra un exceso de presión de poros o licuación del material en la zona donde se origina el movimiento en masa.”²



Fotografía 2.14. Deslizamiento por Flujo.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.7. Avalancha de detritos (debris avalanches)

“Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y

toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal.” (Hungre et al., 2001).²



Fotografía 2.15. Avalancha de Detritos.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.5.8. Avalancha de rocas (rock avalanches)

“Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable” (Hungre et al., 2001).²

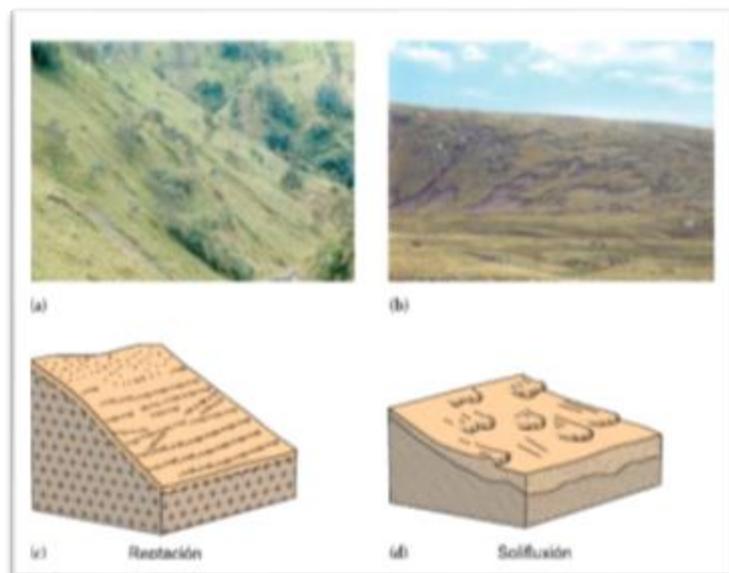


Fotografía 2.16. Depósitos de Avalanchas

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.6. Reptación

“La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. Dentro de este movimiento se incluyen la *solifluxión* y la *gelifluxión*, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.” Corominas Dulcet y García Yagué, 1997²



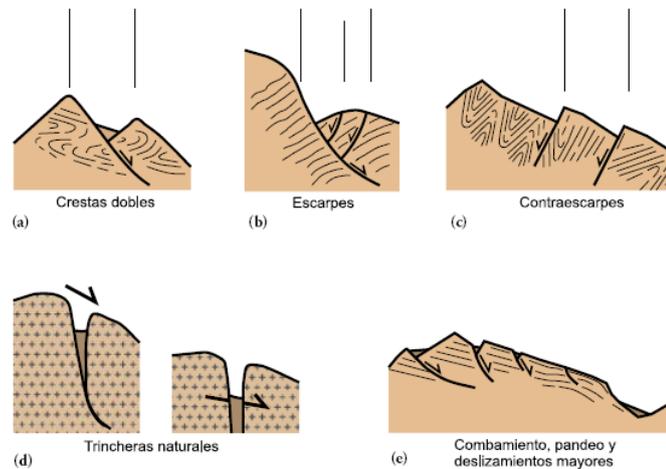
Fotografía 2.17. Procesos de reptación.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.2.2.7. Deformaciones gravitacionales profundas

“Hay una variedad de procesos que podrían describirse como deformaciones de laderas (slope deformations) o deformaciones gravitacionales profundas. Estos tipos presentan rasgos de deformación, pero

sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento.” (Hutchinson, 1988)²



Fotografía 2.18. Deformaciones gravitacionales profundas.

Fuente. Libro de Movimiento en Masa de la Región Andina

2.3. Análisis de factores condicionantes y desencadenantes.

2.3.1. Factores Condicionantes

Son factores pasivos que dependen de la naturaleza, estructura, forma de terreno, se basa en geometría de rocas y suelos. Son 5 factores de cálculo.

- ✓ Relieve.
- ✓ Litología.
- ✓ Estructura Geológica.
- ✓ Propiedades Geomecánicas.
- ✓ Meteorización.

2.3.1.1. Relieve

“Se constituye como la expresión de la inestabilidad. Según Varnes (1984-1988). Establece o define que toda superficie o talud $>60^\circ$ es totalmente inestable. El relieve siempre debe estar sumado al tipo de material a deslizarse. La pendiente se define un primer alcance con respecto a su medida.”³

Tabla 2.3. Escala de pendientes según su medida

TIPO	PENDIENTES	RANGO
I	Muy bajo	$0^\circ - 10^\circ$
II	Bajo	$11^\circ - 20^\circ$
III	Mediano	$21^\circ - 30^\circ$
IV	Alta	$31^\circ - 45^\circ$
V	Muy Alta	$46^\circ - 90^\circ$

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

2.3.1.2. Litología

“Determina la potencia de todos los movimientos de Rocas y Suelos, indica composición, textura, estructura de Rocas, indica además deformación, permeabilidad, porosidad y grado de disolución. La clasificación del material rocas y suelos con pendientes es la siguientes”³

Tabla 2. 4. Clasificación de rocas y suelos con respecto a la pendiente

Características	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4

³ Adaptado de Valarezo M. 2008

Rocas y Suelos	Pendientes muy bajas. Zona erosión. Coluvial-aluvial. Bancos h < 30m	Pendientes medianas. Zona de erosión. Aluviales -arcillas sueltas. Bancos h >40m	Pendientes altas. Erosión-deforestación. Rocas sueltas Bancos h >40m	Pendientes muy altas. Rocas fisuradas - agrietada. Bancos h >50m
Posibilidad desarrollo	Muy alto	Mediana	Bajo	Nulo
Costo de obra de prevención	Muy bajas	Mediana	Elevado	Muy elevado
Nivel de estudio	Simple	Moderado o monitoreo	Alto	Muy alto

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

2.3.1.3. Estructura Geológica.

“Relaciona tipo de rocas, formaciones y estratos define además zonas de falla, diaclasamientos y debilidad establece además zonas de elevada meteorización, peso específico de un sector y generalmente se divide de la rocas en 4 tipos.”³

Tabla 2. 5. Clasificación de rocas

ROCAS	EJEMPLO
Tipo I	Granito
Tipo II	Areniscas
Tipo III	Arcilla consolidada
Tipo IV	Coluvial

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

2.3.1.4. Propiedades Geomecánicas.

Se refiere a todos los datos rocas y suelos

Tabla 2.6. Propiedades de rocas y suelos

ROCAS	Propiedades físicas. Propiedades mecánicas Dureza y fortaleza	Caracterización del macizo.
SUELOS	Permeabilidad. Compactación. Infiltración.	

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

Con estas propiedades Geomecánicas Varnes (1988) establece una secuencia información se adapta a las anteriores.

Tabla 2.7. Propiedades Geomecánicas según Varnes

Condiciones iniciales	Composición, textura,
-----------------------	-----------------------

	estructura, rocas y suelos. Fallas, diaclasa. Planes de estratificación Permeabiliabilidad suelos(Arcillas)
Cambios de material	Arenas lavar. Desintegra Arcillas hidratándose- expanden.
Acción de agua y material	Precipitación Wt (Humedad total de rocas y suelos)
Condiciones estructurales	Cargas estáticas Cargas dinámicas

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

2.3.1.5. Meteorización

“Se basa en el comportamiento de las rocas y suelos, ante el agua en los casos más extremos se analizan que ocasiona el agua superficial y agua subterránea”³

“La meteorización de las zonas de inestabilidad las cuales suelen dividir a la roca en cuatro subzonas. Según Varnes (1988) dice que el gua tanto en rocas y suelos produce:

- ✓ Aumento w(peso)
- ✓ Aumento ↓ Tcc (Resistencia al corte y cizallamiento).

Según la metodología de Varnes (1988) dice “que los grados de meteorización pueden ser 3 a 4”³

Tabla 2.8. Grado de meteorización de las rocas según Varnes

Tipo I	Roca sana Poco agua (poros) ↓Porosidad ↓ Permeabilidad
Tipo II	Roca relativamente sana cuando tiene contacto con la meteorización. Aguas desintegran minerales no metálicos Porosidad N10% y ↑ permeabilidad.
Tipo III	Rocas meteorizadas. Agua, viento, temperatura ≡ desintegra 90% roca.

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

2.3.2. Factores desencadenantes

“Llamados también factores activos según la metodología española las llaman factores externos gatillo, generalmente regulan magnitud (volumen) a desplazarse y velocidad (Km/h-mm/año).”³

Según la metodología de Varnes/García dicen lo siguiente:

- ✓ Sismos.
- ✓ Precipitaciones y aportes de agua.
- ✓ Aplicaciones Q/Q'
- ✓ Cambios geometría
- ✓ Acciones climáticos severa

✓ Factores antrópicos.

2.3.2.1. Sismos

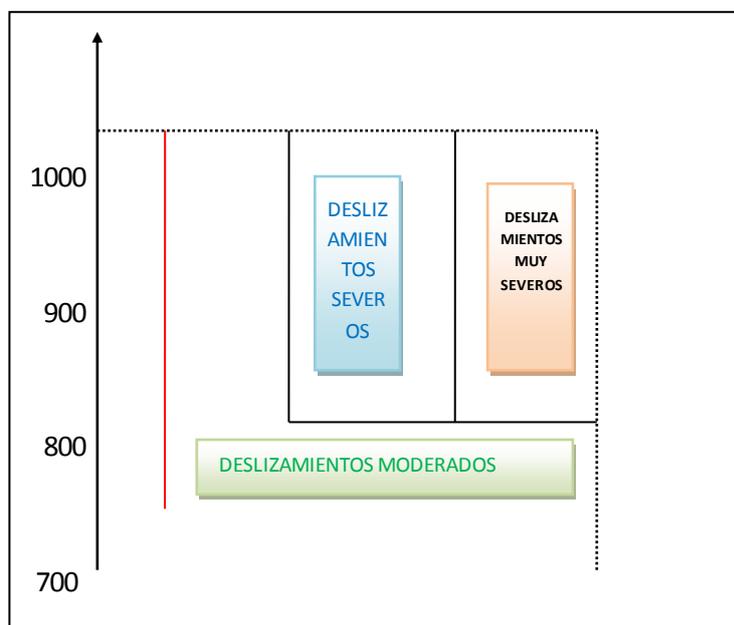
“Son los mayores orígenes de los deslizamientos a nivel mundial se lo considera como el mayor factor gatillo da origen no solo a deslizamientos, desprendimientos flujos y licuefacción de suelos.”³

“Según Hays (1990) un sismo con magnitud 6 en todo lo que sea laderas inestables, pendientes $>30^\circ$ y materiales y suelos arcillosos generan una relación 1:5000”.³

2.3.2.2. Precipitaciones y aportes de agua

“Son segundo factor gatillo o desencadenante se traduce en medidas mm H₂O, en la columna de agua y % (Aporte de agua). El agua es sinónimo de inestabilidad de taludes, define tipos y formas de movimiento. Las precipitaciones específicamente considera la relación de tiempo”.³

Según Lumb (1975) define zonas de mayor o menor riesgos a deslizamientos en función de la precipitación acumulada y humedad medida.





Cuadro 2.1. Grado de precipitación

Imagen 2.1. Grado de precipitación

Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008)

Lumb a más de las gráficas de precipitaciones tiempo define que los factores de seguridad deberían calcularse en función del peso del material saturado de agua.

$$F_s = \frac{F_e}{F_d}$$

$$F_s = \frac{w \cos \mathcal{L}}{w \cdot \text{sen } \mathcal{L}}$$

$$W_r = \gamma_e + (S \cdot N \cdot \gamma_w)$$

W_r = Peso del material saturado de agua

γ_e = Peso específico material seco.

S = Saturación (Suelos 15-30%: Rocas 5-10%)

N = Porosidad.

γ_w = Peso específico del agua.

2.3.2.3. Aplicaciones Q/Q'

“Tanto Q como Q' definen cargas sobre las cabeceras de los taludes y cabeceras siempre están presentes en las expresiones cuantitativas definen un peso “w” y un asentamiento “s” se puede diferenciar en las sobrecargas estáticas Q.”³

2.3.2.4. Cambios geometría

Cuando se realizan cambios en la geometría se analizan taludes y laderas es decir se establece una relación entre altura (H) vs ángulo de talud (ψ). La relación depende de la tipología y saturación del material rocoso.

- ✓ Zonas de rotura.
- ✓ Seco.
- ✓ Húmedo.

2.3.2.5. Acciones Climatológicas Severas.

Se basa climas, temperaturas netamente extremos es decir, hielo-deshielo. Relaciona la acción con respecto al macizo rocoso. Definen el origen:

- Suelos expansivos- desmoronados.
- Hundimientos y colapsos.
- Cavidades.

Todas secciones climáticas severas producen daños relacionados la resistencia es por esto se necesita controlar dos casos

- Control de suelos expansivos.
- Control d cavidades.

2.3.3. Factores antrópicos

El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de agente desestabilizador. Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son:

2.3.3.1. Cambios en la topografía y cargas del talud

- Descargue del talud por remoción de suelos y rocas por corte.
- Sobrecarga por medio de rellenos, edificios, etc.
- Subsistencia o hundimiento por excavaciones subterráneas (túneles).

2.3.3.2. Cambios en las condiciones de humedad

- Modificación de las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales, zanjas, represas, etc.
- Modificación de las condiciones naturales del agua subterránea por medio de pozos de bombeo, concentración de las infiltraciones, etc.
- Infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.
- Aceleración de infiltración por la presencia de depósitos de basura y residuos sobre el talud.
- Negligencia en el drenaje superficial y subterráneo.
- Cambio general en el régimen de aguas superficiales.
- Construcción de reservorios o presas.

2.3.3.3. Vibraciones

- Vibraciones de máquinas.
- Vías de comunicación,
- Explosivos.
- Efectos de la construcción de obras (especialmente el movimiento de maquinaria).

2.3.3.4. Cambios en la cobertura vegetal

- Cambio de la estructura y condiciones de la capa superficial de suelo por prácticas de agricultura, pastoreo, tala de bosques, etc.

- Modificación del uso del suelo.

2.3.3.5. Otros factores antrópicos

- Negligencia en el manejo de los taludes.
- Utilización de los taludes para el paso de personas y animales.

2.4. Uso de sistemas de información geográfica.

“Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial (Burrough 1986)”.¹

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

- Tipo de estructura de datos
- Técnicas de compresión de información
- Dimensión (dos o tres dimensiones)
- Hardware requerido
- Interfase de usuario

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 iterativa 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.

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

- 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.
- 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.
- 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 SIGs, 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.

2.4.1. Utilización de SIGs

“La utilización de SIGs para análisis de susceptibilidad a los deslizamientos ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey (Brabb 1984, 1987,1989)”.¹

Estos estudios tuvieron en cuenta otros factores como geología, pendientes y deslizamientos activos.

Posteriormente se han presentado trabajos utilizando análisis estadístico multivariado, especialmente, por Carrara en Italia y recientemente se ha popularizado la utilización de SIGs para modelos determinísticos, utilizando factores de seguridad.

2.4.2. Inventario de deslizamiento

Los datos de entrada consisten en mapas de deslizamientos por fotointerpretación con chequeo de campos combinados, con tablas que contienen parámetros de esos deslizamientos.

El proceso del SIG es el siguiente:

Digitalizar los fenómenos de movimientos de masa, cada uno con su propia identificación y un código de seis dígitos que contienen información sobre tipo de deslizamiento, subtipo, actividad, profundidad, vegetación y si la unidad es una escarpa o un cuerpo de deslizamiento.

Recodificar el mapa de deslizamientos, mostrando los parámetros para tipos y subtipos en mapas que muestran solamente un solo tipo o proceso. En esta técnica el sistema de información geográfico es utilizado solamente para guardar la información y presentar los mapas en formas diferentes, por ejemplo, solo deslizamientos activos o solamente escarpes. El código de actividad que se le da a cada movimiento puede también ser utilizado en combinación con mapas de distribución de deslizamientos con fechas anteriores para analizar el avance de la actividad de deslizamientos en una determinada área. Esto permite tener porcentajes estimados de deslizamientos nuevos o estabilizados.

La información de movimientos en masa puede también presentarse por porcentaje de cubrimiento o densidad de deslizamientos.

El siguiente procedimiento se utiliza para el análisis de densidades:

- Cálculo de un mapa de bits que indique la presencia o ausencia de un tipo de movimiento específico.
- Combinación del mapa de parámetro seleccionado con el mapa de bits, a través de un proceso llamado cruce de mapas, el cual correlaciona espacialmente las condiciones de los dos mapas.

- Cálculo del porcentaje de área por clase de parámetro ocupado por deslizamientos.

Con una pequeña modificación, el número de deslizamientos puede calcularse en lugar de la densidad. En este caso no se hace un mapa de bits sino un mapa de movimientos, en el cual cada polígono tiene un código único y se cruza con el mapa de parámetros.

Un sistema especial es el mapeo de isoyetas que representaría la densidad de deslizamientos. Este método utiliza un círculo grande que cuenta el número de deslizamientos. Los resultados son valores para los centros de los círculos, los cuales son interpolados utilizando líneas de isoyetas

2.4.3. Análisis heurístico

En el análisis heurístico el mapa de amenazas es hecho utilizando el conocimiento del profesional especializado sobre un sitio específico, a través de fotointerpretación o trabajo de campo. Este mapa puede hacerse directamente en el campo o recodificando un mapa geomorfológico.

El criterio con el cual se designan las clases de amenaza puede variar de polígono a polígono. El SIG se utiliza como una herramienta rápida de dibujo y no para análisis de parámetros. El análisis puede hacerse, sin embargo, utilizando valores de peso a cada mapa de parámetros y cada mapa de parámetros recibe un diferente peso. El profesional especializado decide que mapas utilizar y los valores de peso, con base en su propia experiencia.

El procedimiento del SIG en este caso es el siguiente:

- Clasificación de cada mapa de parámetros de acuerdo a las clases relevantes.

- Asignación de valores de peso a cada parámetro (por ejemplo en escala de 1 a 10).
- Asignación de pesos a cada mapa de parámetros.
- Cálculo de los pesos para cada pixel y clasificación en clases de amenaza.

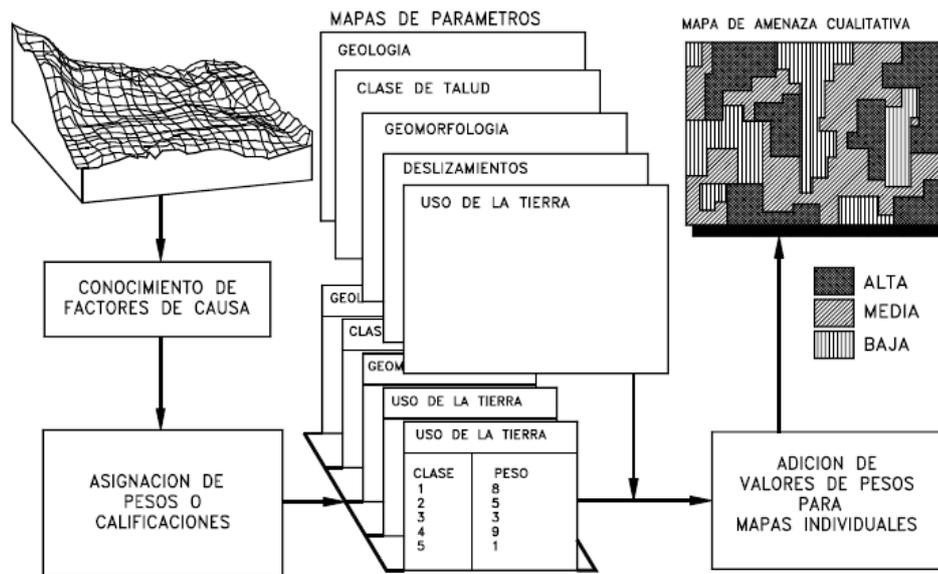


Figura 11.5 Uso de SIGs para combinación cualitativa de mapas. (Turner y McGuffey 1996).

Fotografía 2.19. Procesamiento del SIG.

Fuente. Uso del SIG para la combinación cualitativa de mapas (Turner y McGuffey 1996)

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. INTRODUCCIÓN

La metodología que se utilizó en el presente estudio se relacionó los materiales y métodos de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados, dichos materiales poseen un grado de precisión y tecnología actual, lo que certifica la calidad de la información obtenida. Previa la obtención de información existente del sector.

3.2. MATERIALES

3.2.1. DE CAMPO

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Estación Cerborobótica
- Brújula geológica
- Martillo geológico
- Fundas plásticas
- Mapa topográfico a escala 1:25000
- Flexómetro
- Libreta de campo
- Fichas para movimientos en masa
- Cámara fotográfica
- Lupas de geólogos
- Rayador

3.2.2. DE GABINETE

- Ordenador
- Software (Autocad 2008, Arc gis 3.2, Arc Map 9.2, Easytrace)
- Calculadoras
- Material bibliográfico
- Material de escritorio.
- Internet.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. OBJETIVO N° 1:

“Ubicar e Identificar los principales movimientos en masa en la vía Loja - Zamora, en el tramo Sabanilla y Zamora”

3.3.1.1. TRABAJO DE CAMPO

Para la ejecución del presente objetivo primero se realizó un recorrido por la carretera Loja-Zamora centrándose en el tramo Sabanilla-Zamora, a través de la fotointerpretación conjuntamente con observación directa, durante el recorrido se determinó los principales movimientos en masa presentes en el sector de estudio. Tomando en cuenta características presentes en cada uno de los movimientos y registrándolos en fichas de campo (Ver Tabla 3.1)

Con la ayuda de un GPS (Sistema de posicionamiento Global), el cual funciona mediante una red de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo), en una órbita sobre el globo terrestre 20.200Km, se ubico espacialmente cada uno de los movimientos en masa encontrados, con la obtención de sus respectivas coordenadas geográficas, las mismas que presentan coordenadas en X, Y y Z. Para obtener datos confiables del GPS, se espero un tiempo prudencialmente moderado de 8 a 10 minutos en cada posicionamiento, hasta que presente un rango de error bajo o considerable entre ± 4 a ± 12 m.

De esta manera se logro determinar 31 movimientos de masa, presentes a lo largo de la carretera, a los cuales se los ubico geográficamente, en el mapa topográfico con sus respectivas coordenadas (DATUM 56, hemisferio 17sur), para su posterior ubicación digital.

Para realizar el llenado de las fichas de campo se utilizo el formato que a continuación se detalla.

REFERENCIAS PARA EL LLENADO DE LA FICHA DE CAMPO

Para la ficha que se utilizó en el campo se determinaron un total de 22 ítems los cuales se detallan a continuación:

Número de la fecha de inventario	Indica el número total de fichas efectuadas en el recorrido a lo largo de la carretera.
Fecha:	se indica el año, mes y día en que se realizó la toma de datos
Coordenadas Geográficas:	Latitud (UTM). Sistema Datum 56, zona 17S
Cota (Altitud):	Expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm).
Hoja topográfica:	Tomando en consideración el catalogo de mapas a escala 1:50.000 que presenta el Instituto Geográfico Militar (IGM) se coloca el nombre de la hoja topográfica utilizada.
Provincia:	Zamora Chinchipe.
Caserío / lugar:	Si se cuenta con un lugar de referencia adicional se lo coloca para tener una mejor ubicación del área inestable.
Elaborado por:	Livia Ramos – Fernanda Ureña.
Código:	para este proyecto se utilizó las iniciales D (# de deslizamiento)
Tipología:	considera la Clasificación de Varnes (1978): 1) Caídas 2) Vuelcos, 3) Deslizamientos, 4) Esparcimiento lateral, 5) Flujos, 6) Movimientos complejos, 7) Otras amenazas geológicas tales como soliflucción, hundimientos, erosión de laderas, erosión fluvial, inundaciones (fluvial, costera, lacustre), aludes o avalanchas.
Evidencias visuales del fenómeno:	se detallan los rasgos principales que caracterizan al fenómenos de remoción en masa entre los que se puede citar: altura del talud, pendiente de la ladera, tipos de escarpes presentes, características del depósito, tipo de drenaje, presencia o no de vegetación, longitud estimada de los canales de circulación del material, tipo de estructuras de contención presentes, daños ocasionados a estructuras.
Eventos / procesos reconocidos o inferidos:	En este ítem se reconstruye en base a la observación de campo la secuencia de eventos que acompaña la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. Se presenta un diagnóstico de la situación actual donde se ha producido el fenómeno de remoción en masa.
Estado:	Activos: son deslizamientos que presentan movimientos en el tiempo presente o han presentado movimientos en el último ciclo estacional. Son generalmente frescos; esto es, sus rasgos morfológicos tales como escarpes y colinas, son fácilmente reconocibles debido a su movimiento

	<p>gravitacional y no han sido modificados significativamente por procesos superficiales de meteorización y erosión.</p> <p>Inactivos: se refiere a aquellos deslizamientos para los cuales no hay evidencia de movimientos dentro del último ciclo estacional; por lo tanto se los denomina también “durmientes”. En ellos las huellas de sus últimos movimientos no son fácilmente reconocibles debido a la cobertura vegetal, distribución por erosión, etc. Estos deslizamientos pueden ser reactivados si se dan las condiciones necesarias para ello. Estabilizados: son los deslizamientos durmientes, en los cuales han sido removidos sea natural o artificialmente, los factores esenciales de movimiento.</p>
Aspecto morfológico general (Área):	Como rasgo importante se consideró el área estimada de afectación del fenómeno de remoción en masa.
Tipo de material:	Rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas.
Discontinuidades en las rocas:	Se indica la presencia o no de discontinuidades en las rocas y si éstas se encuentran a favor o en contra de la pendiente y el tipo de discontinuidad de que se trata (foliación, estratificación, fracturamiento).
Grado de fracturamiento de las rocas:	Según espaciamiento de las discontinuidades (F1: ligeramente fracturada >2m), (F2: fracturada 2-0.6m), (F3: muy fracturada 0.6-0.2m), (F4: extremadamente fracturada 0.2-0.06m), (F5: fragmentada <0.06m)
Grado de alteración de las rocas:	W1: Roca fresca (no hay signos visibles de meteorización), W2: Ligeramente meteorizada (decoloración en la roca y en superficies de discontinuidades), W3: Moderadamente meteorizada (menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo), W4: Altamente meteorizada (más del 50% está descompuesta o desintegrada a suelo), W5: Completamente meteorizada (todo el material rocoso está descompuesto o meteorizado), W6: Suelo residual (todo el material rocoso está convertido en suelo; la estructura y textura están destruidas, sin transporte significativo alguno)
Daños ocasionados:	se detallan los daños ocasionados por el fenómeno de remoción en masa entre los que se pueden citar:
Tramo de carretera o puente:	se indica la longitud de la obra de infraestructura destruida, afectada o por afectar

Número de viviendas:	se indica el número de viviendas afectadas, destruidas o comprometidas
Número de muertos / desaparecidos:	se indica el número de personas muertas o desaparecidas
Número de heridos:	se indica el número de personas heridas o damnificadas
Causas:	En base a las observaciones de campo se citan posibles causas involucradas en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa entre las cuales se citan: precipitaciones pluviales intensas, discontinuidades en las rocas, naturaleza del material, pendiente, uso inadecuado del agua (acequias, desfuegos), construcción de la vía.
Recomendaciones:	Medidas de prevención o corrección que pueden tomarse a corto, mediano y/o largo plazo. Descripción somera de algunas medidas de prevención y/o mitigación tomadas; características técnicas e ingenieriles.

3.3.1.2. TRABAJO DE GABINETE

Luego de realizar y obtener los datos en el trabajo de campo se procedió a elaborar una base de datos por medio de la digitalización de un mapa base, y de esta manera a ubicar la zona de estudio, con la utilización de GIS (Sistema de Información Geográfica) Arc Map 9.2, donde se procede a integrar los datos obtenidos en el campo.

Para la delimitación del sector de estudio se tomó en cuenta las divisorias o partes de agua que presentaban influencia en el sector de estudio, y la distancia de 500m a cada lado de la carretera principal para así de esta proceder a delimitar en el mapa base.

Finalmente se procedió a ubicar digitalmente los diferentes puntos que corresponden a los deslizamientos encontrados a lo largo de la carretera, ubicados mediante el GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Las coordenadas que se tomaron para la delimitación del sector de estudio son:

<i>VERTICE SUPERIOR IZQUIERDO</i>	<i>VERTICE SUPERIOR DERECHO</i>	<i>VERTICE INFERIOR IZQUIERDO</i>	<i>VERTICE INFERIOR DERECHO</i>
X: 715552	X: 715471	X: 726859	X: 727325
Y: 9561137	Y: 9562188	Y: 9550224	Y: 9550900

3.3.2. OBJETIVO 2

“Establecer los factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos en masa del sector de estudio.”

3.3.2.1. TRABAJO DE CAMPO

Se realizó el recorrido por la carretera Loja-Zamora, desde el tramo Sabanilla-Zamora, en la cual se determinó los principales movimientos de masa mediante la ficha de campo presentada anteriormente, en la cual posee

un recuadro para determinar los principales factores condicionantes y desencadenantes del sector (Tabla 3.1), los cuales se realizó mediante la observación en el campo y en cada movimiento por separado.

Tabla 3.2. Factores condicionantes y desencadenantes de FRM

FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES		
Litología del sustrato	Precipitaciones pluviales intensas	Sobrecargas (cortes y rellenos)
Discontinuidades en las rocas	Aguas subterráneas	Uso inadecuado de agua(acequias, desfuegos)
Naturaleza del suelo o regolito	Dinámica fluvial o marina	Colapso de estructuras inducida por sismo
Pendiente	Dinámica eólica	Actividad Minera (galerías, voladuras, etc.)
Actividad biológica y vegetación	Sismicidad y/o fallas activas	
	Vulcanismo	
Otro	Otro	Otro: <i>Construcción de la vía</i>

Fuente. Ficha de campo, Servicio Nacional Geológico

3.3.2.2. TRABAJO DE GABINETE

Después obtener los factores condicionantes y desencadenantes del sector en el trabajo de campo, se procedió establecer los principales factores detonantes de los movimientos de masa los cuales se realizó por una serie de características:

Para los factores condicionantes se utilizó la siguiente metodología

Las pendientes de los taludes, con rangos mayores a 31° - 45° y 46° - 90° , las cuales según la metodología Varnes (1984-1988), son altas y muy altas, de tipo III y IV, que presentan un índice de inestabilidad en la superficie de talud además se relaciono con los factores de relieve.

Tabla 3.3. Clasificación del terreno según la Pendientes

Tipos	Clase	Rango
1	Muy baja	0° - 10°
2	Baja	11° - 20°
3	Media	21° - 30°
4	Alta	31° - 45°
5	Muy Alta	46° - 90°

Fuente. (Varnes 1984-1988)

Después de haber realizado la clasificación de las pendientes (Varnes 1984-1988), se procedió a dar un peso relativo a cada una de las pendientes, (G. Guamán. UNIGIS), para poder realizar la suma de mapas para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector.

Tabla 3.4. Peso Relativo de acuerdo al Relieve

Tipos	Relieve	Peso Relativo
1	Planos	0
2	Inclinados	1
3	Moderadamente escarpado	2
4	Escarpado	3
5	Muy escarpado	4

Fuente. (Adaptado G. Guamán. UNIGIS)

Para litología se considero de acuerdo a las características de las rocas y suelos, además se realizó el análisis de la geología regional del sector de estudio, utilizando la Tabla Susceptibilidad de litología a los movimientos en masa, (Mora y Varhson 1993), a los que se les de un peso de acuerdo a sus características

Tabla 3.5. Susceptibilidad de litología a los Movimientos de Masa

Unidad litológica	Grado de susceptibilidad	Peso
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas poco fisuradas, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas y otras rocas efusivas sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas, sanas, poco fisuradas, bajo nivel freático. Características físico Mecánicas CFM: materiales sanos con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas, sin relleno	Baja	1
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lavas, ignimbritas, rocas metamórficas medianamente alteradas y fisuradas. Aluviones con compactaciones leves, con proporciones considerables de finos, drenaje moderado, nivel freático a profundidades intermedias. CFM: Resistencia al corte media a elevada, fracturas cizallables.	Moderada	2
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas, coluviones, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados, drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos. CFM: Resistencia al corte moderada a media, fracturación importante.	Mediana	3
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente y con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros. CFM: Resistencia al corte moderada a baja, con la presencia frecuente de arcillas.	Alta	4
Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica, rocas con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen las clases mediana y alta, sometidas a gradientes hidromecánicos elevados y niveles freáticos muy someros. CFM: Resistencia al corte muy baja, materiales blandos con muchos finos.	Muy alta	5

Fuente. Mora y Varhson (1993)

Para los factores desencadenantes o factores gatillo, se tomo en cuenta:

El tipo de clima de acuerdo a la clasificación de pisos térmicos (Tabla 3.6, Castaños et al., 1980), y las precipitaciones de acuerdo a las zonas climáticas (tabla 3.7, Castaños et al., 1980). Se realizo mediante la recopilación de información de las estaciones meteorológicas; Cajanuma, San Francisco, Zamora y Yanzatza; las referencias registradas se las ingreso a una base de datos mediante el programa Excel 2007, para luego proceder a exportarlo al programa ArcGis 9.2, para de esta manera convertirlo a un formato Shp y realizar la triangulación mediante la opción de interpolación que nos dará como resultado la obtención de los mapas de Isoyetas e Isotermas, para realizar la adaptación de las metodologías antes explicadas (Tabla 3.6, 3.7).

Tabla 3.6. Clasificación de pisos térmicos

Piso Térmico	Convención	Altura (m)
Tierra Caliente	TC	0 - 1000
Tierra Moderadamente Caliente	TMC	1000 - 1400
Tierra Templada	TT	1400 - 2000
Tierra Moderadamente Fría	TMF	2000 - 2800
Tierra Fría	TF	2800 - 3400
Páramo	P	+ 3400

Fuente. (Castaños et al.1980)

Tabla 3.7. Zonas climáticas

<i>Clase de humedad</i>	<i>Altura</i>	<i>Precipitación</i>
-------------------------	---------------	----------------------

		<i>Promedio Anual (mm)</i>
Húmedo Templado	1600-2800	1000-1500
Sub Húmedo. Sub Tropical	600-1600	1000-1500
Húmedo Sub Tropical	600-1600	1500-2000

Fuente. (Adaptado de Castaño et al., 1980)

Después de haber obtenido los mapas de Isoyetas e Isotermas, se procedió a la convertir de un formato Raster a un formato Shp, para proceder a darles un valor (tabla 3.8) para lograr determinar el grado de susceptibilidad.

Tabla 3.8. Clasificación de Precipitación

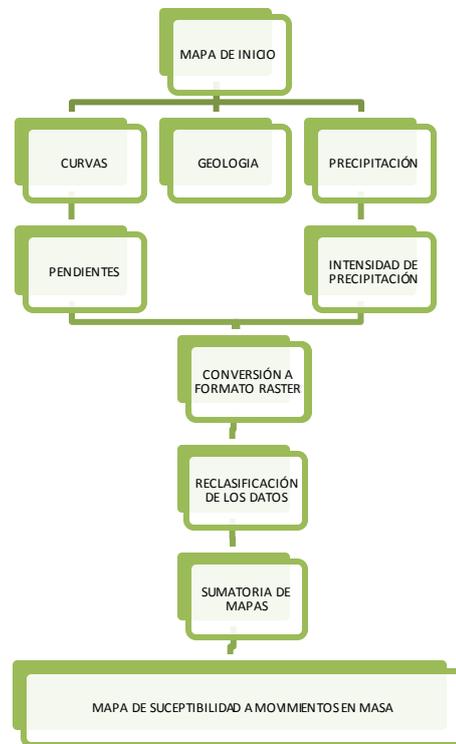
<i>Valor</i>	<i>Susceptibilidad</i>	<i>Rango de Precipitación(mm)</i>
1	Muy baja	<1000
2	Baja	1000-2000
3	Moderada	2000-3000
4	Alta	3000-4000
6	Muy alta	>4000

Fuente. (OSSO, 1995)

Otro factor considerado en los movimientos de masa en el Sector de estudio, es la construcción de la vía debido a las pendientes de los taludes que proporcionan inestabilidad, ya que este es un factor antrópico.

Una vez obtenidos los factores principales para la generación de los mapas, se realizan los siguientes análisis, que pueden verse en la imagen

Imagen 3.1. Esquema general del Análisis



Fuente. Elaborado: Ramos L., Ureña F.

En la cual se obtiene el mapa de susceptibilidad, según la Tabla 6. La metodología para determinar el índice de susceptibilidad es la siguiente:

- **Conversión raster de los archivos shp**

Una vez obtenidos los archivos tipo shp necesarios para la zonificación de peligros a movimientos en masa, es necesario convertirlos a grid para el análisis respectivo, a través del módulo spatial análisis (Arcgis 9.2.) se logra realizar esta tarea eligiendo para ello el tamaño de pixel de 20x2m.

- **Patrones de movimientos en masa en el área de estudio**

Se realizó la escala de valores tipo Lickert (valores 1, 2, 3, 4,5) siendo el valor uno muy bajo riesgo, el valor 2 bajo riesgo, el valor tres riesgo medio o moderado, el valor 4 alto riesgo y el valor 5 muy alto riesgo.

- **Asignación de pesos relativos tipo Lickert**

- **Peso relativo 1**

Se refiere a las condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan las remociones en masa.

- **Peso relativo 2**

A diferencia del caso anterior, las características de las variables consideradas en este estudio van cambiando y con ello, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa.

- **Peso relativo 3**

En este caso, las condiciones que presentan las variables tienden hacia niveles críticos, traduciéndose en condiciones más severas y susceptibles a movimientos en masa.

- **Peso relativo 4 y 5**

En este caso, las condiciones biofísicas se presentan son muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a remociones en masa.

Tabla 3.9. Pesos relativos

Peso Relativo	Vulnerabilidad	Rango
1	Muy Baja	0-8
2	Baja	9-12
3	Moderada	13-18
4	Alta	19-32
5	Muy Alta	33-54

Fuente. (Adaptado G. Guamán. UNIGIS)

3.3.3. OBJETIVO 3

“Elaborar un mapa de vulnerabilidad del área de estudio, relacionando vulnerabilidad socio –económica y física.”

Para el cumplimiento del tercer objetivo, se realizó la evaluación de los factores de vulnerabilidad de los poblados, se trató de realizar visualmente una simplificación de datos, con la intención de poner en un relieve sus principales características. Más que una reducción de la información a partir de datos. (Beguin & Pumain, 1994) (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Matriz de Bertin

MATRIZ DE BERTIN		
POBLADOS	FACTORES FISICOS	FACTORES SOCIO-ECONOMICOS

	Tipología y categoría de edificaciones	Infraestructura de servicios públicos	Infraestructura vial	Pendientes	Nivel socio-económico	Densidad poblacional	Organización de comunidades	Organización funcional
IMBANA								
SABANILLA								
ZAMORA								

FUENTE (Bertin, 1997)

Se elaboró un gráfico matricial según el método de las matrices de Bertin (Bertin, 1997), que permite una visión y una interpretación rápida de los datos bajo la forma de una malla de lectura. Estos datos están compuestos en nueve factores principales de vulnerabilidad física, y socio-económica (Tabla 11), los mismos que se encuentran organizados a fin de trabajar solamente 5 con niveles, según la vulnerabilidad de los poblados (Tabla 3.12).

Tabla 3.12. Vulnerabilidad

NIVEL	VULNERABILIDAD
1	Muy baja
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Muy alta

FUENTE (Bertin, 1997)

En lo posterior se realizó el método de ponderación, corresponde a la última etapa en la determinación de la vulnerabilidad y en la clasificación de los poblados del sector de estudio, según la prospección en ser afectados a los movimientos en masa. Este se realiza mediante el programa Arc Gis 9.2. Mediante el cual realizo la ponderación de los cinco factores físicos llegando a la obtención de un mapa de vulnerabilidad física del sector de estudio.

Luego se procedió a la aplicación de la misma metodología de los cuatro factores socio-económicos, para la obtención un mapa de vulnerabilidad socio-

económica, finalmente se interrelacionara estos dos mapas para generar un mapa de vulnerabilidad física y socioeconómica del sector que será comprobado en el campo.

Después de haberse realizado la validación en el campo, se procedió a hacer los correctivos necesarios para posteriormente obtener el mapa preliminar de vulnerabilidad física-socioeconómicas, que será el resultado de la interrelación de los factores físicos y socioeconómico.

3.3.4. OBJETIVO 4

“Realizar un análisis e interpretación de los principales factores antrópicos ocasionantes de movimientos en masa lo que permitirá desarrollar medidas de previsión y prevención.”

Para el cumplimiento, del presente objetivo la metodología utilizada para el análisis y interpretación de los principales factores antrópicos ocasionantes de movimientos en masa, fue adaptada debido se realizo mediante las variables que son detalladas a continuación:

Tabla 3.13. GE-02 Valoración de parámetros para evaluar los factores antrópicos, en los movimientos en masa modificada

PARAMETRO	CATEGORIA	VALOR
Geomorfología	Muy escarpados	5
	Escarpados	4
	Moderadamente escarpados	3
	Inclinados	2
	Planos	1
Uso del Suelo	Pastizales plantados, pocas manchas de bosque y algunos cultivos	4
	Pastizales plantados dominantes con policultivo y muy escasos restos de bosque	3
	Pastizales plantados, abundantes vestigios de bosque y muy escasos cultivos	2
	Formación siempre verde incluye montano y montano bajo	1
Otros factores antrópico	Construcción de Vía	5
	Sobre Cargas	4
	Deslizamientos por cambio de pendiente	3

FUENTE: Adaptado del estudio realizado para la Represa de Paute

El rango y significado de cada uno de estos parámetros se indica en la tabla GE-02, misma que ha sido desarrollada en base a las características de los materiales predominantes en la vía Loja-Zamora, sector comprendido entre Sabanilla. Zamora y a su vez se utilizó la metodología Varnes Para determinar factores antrópicos (1984-1988), y se ha utilizado en la evaluación de todos los movimientos en masa identificados en el sector.

Después de realizar la valorización correspondiente se procedió a la superposición de los mismos para obtener in mapa de las actividades antrópicas y proponer las respectivas medidas de previsión y prevención a los mismos.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS.

4.1. Descripción general del área de estudio.

4.1.1. Acceso.

Puntos	Cotas	Longitud	Latitud
---------------	--------------	-----------------	----------------

Punto de Partida	1521 m.s.n.m.	719639	9562645
Punto de Llegada	1130 m.s.n.m.	726830	9550750

El sector en estudio se encuentra territorialmente ubicado en la parroquia Sabanilla, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe, ubicada al Sur-Oeste del Ecuador, con una altura promedio de 1800 m.s.n.m; cubre una superficie de 23.5 km. (Imagen 4.1) ; En las siguientes coordenadas:

A la zona de estudio se puede acceder a través de la carretera que comunica la Provincia de Loja con la provincia de Zamora Chinchipe, considerada una vía de primer orden.

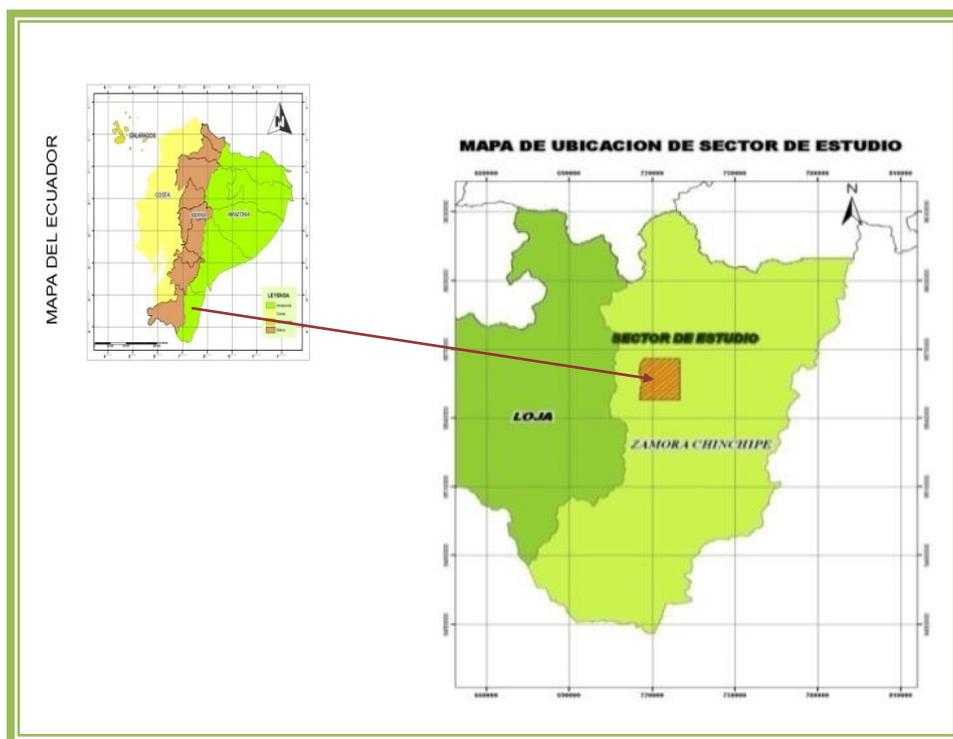


Imagen: elaborado por Ramos L. Ureña F.

Ubicación del Sector de Estudio

4.1.2. Morfología.

El sector de estudio presenta (Ver lámina 10), relieves variados desde estados juveniles de desarrollo hasta etapas de madurez, que reflejan el proceso de evolución y relleno de la cuenca sedimentaria a lo largo de su historia geológica.

En el sector denominado El Retorno (Km 36 aproximadamente), presenta una morfología que a lo largo del trazado de la carretera se caracteriza por la presencia de taludes verticales varios de los cuales se originan caídas de rocas.



Fotografía 4.1. Pared rocosa. Gneis de Sabanilla.

Coordenadas: 7069633-9558586

En la Fotografía 4.1 se puede observar un talud vertical dentro de la Unidad litológica denominada Gneis de Sabanilla, en la cual se puede notar la pérdida de cobertura vegetal en el talud (matiz claro en la fotografía 4.1), debido a procesos de movimiento de masa, en este caso producto de una caída de rocas.

En el Km 53, (Sector quebrada San Genairo) se origina un cambio morfológico pasando de un relieve de pendientes fuertes a un relieve con lomas alargadas y una morfología ondulada a semiplano (fotografía 4.3.). En esta zona se presentan indicios de la existencia de un contacto entre las rocas metamórficas (Unidad Gneis de Sabanilla) e intrusivas (Batolito de Zamora).



Fotografía 4.2. Lomas alargadas con pendientes moderadas (Vía Loja-Zamora).

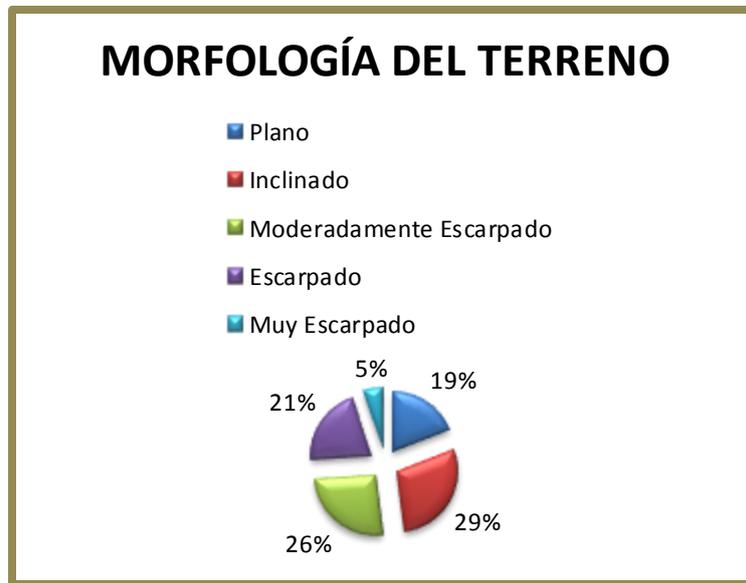
Esta zona cubre en parte los declives de las elevaciones adyacentes compuestas por rocas metamórficas, con alturas promedio de 2020 msnm que presentan un moderado relieve con suaves pendientes en el sentido de la depositación (hacia el Oeste) y muestran grandes y abruptas caídas o desfiladeros en contrapendiente originadas por procesos endógenos y exógenos. La cadena de montañas tiene una dirección preferencial N-S y constituye el límite oriental de la cuenca de Loja.

La morfología que caracteriza la zona de montaña presenta pendientes fuertes y es posible apreciar huellas de antiguos flujos de detritos que nacen en las partes altas y que se dirigen hacia la carretera. Algunos de los taludes, se formaron como consecuencia de la construcción de la carretera, provocando la inestabilidad a lo largo de la misma (desprendimientos y caída de rocas).

De esta manera tenemos que un 19% de los relieves del sector de estudio presentan una forma plana, el 29% inclinado, 26% moderadamente

escarpados, 21% escarpados y un 5% se presentan como relieves con características de muy escarpados.

Tabla. 4.2. Porcentaje de la Morfología del terreno en el sector de estudio



Fuente: elaborado por Ramos L. Ureña F.

Dominando en el sector un relieve de tipo inclinado.

4.1.3. Geología Regional.

El sector de estudio se ubica en las estribaciones de la Cordillera Real, al Sur del Ecuador, donde aflora un cinturón de rocas metamórficas de edad comprendida entre el Paleozoico y Jurásico, cubiertas por rocas sedimentarias al Este e intruídas por granitos en la parte Oeste.

Las rocas metamórficas corresponden al basamento, se encuentran divididas litotectónicamente de Este a Oeste: Zamora, Salado, Loja, Alao y Guamote (Litherland et al., 1994), sus rasgos tectónicos y ambiente de

formación han sido agrupados en terrenos, separados uno del otro por suturas o fallas regionales con rumbos NNE.

Esta división está representada por rocas sedimentarias semipelíticas metamorfozadas, de edad Paleozoico (Unidades Chiguinda y Agoyán) instruidas por denominado granito Tres Lagunas del Triásico. También se incluyen en ella las anfibolitas y migmatitas Sabanilla.

Las características de las formaciones geológicas analizadas durante el estudio, son las siguientes:

- **Unidad Chiguinda (Paleozóico)**

Se localiza al Sur de la Cordillera Real y constituye parte de la Serie no diferenciada Zamora de Kennerley (1973), aflorando en la vía Catamayo-Loja-Zamora. Forma un cinturón de hasta 30km y comprende cuarcitas impuras de grano medio a fino, filitas negras, pizarras y esquistos grafiticos. Hacia el Oeste se encuentra flanqueada por metagranitos de Tres Lagunas y hacia el Este, se halla en contacto tectónico con el Gneis Sabanilla. Su espesor es desconocido pero se estima que podría medir algunos kilómetros (Aspden y Litherland, 1992). Pueden apreciarse pliegues (isoclinales) suavemente inclinados y horizontales así como crenulación.

Minerales metamórficos observados incluyen stilpnomelano, cloritoide y granate. Se asume que se deriva de una cuenca intracratónica y se la considera similar a rocas Carboníferas y Devónicas de la Depresión Perú – Bolivia (Litherland et al., 1994).

- **Unidad Gneis Sabanilla (Paleozóico y Triásico)**

Esta compuesta por un grupo de orto y paragneises de grano medio a grueso, formando un cinturón de 10 Km de ancho. Los afloramientos más evidentes ocurren en sector Sabanilla, en la carretera Loja-Zamora, de donde se deriva su nombre. Se clasifica como un monzogranito que se encuentra en contacto tectónico con la Unidad Chiguinda e Isimanchi, ambas de grado metamórfico bajo. Geoquímicamente, la unidad Gneis Sabanilla es muy similar a la de Tres Lagunas (granitos tipo "S"). Se ha sugerido que las dos comparten un mismo origen (Litherland et al, 1994).

- **Terreno Zamora**

Este terreno comprende una serie de rocas intrusivas incluidas dentro del Batolito de Zamora así como también de rocas volcánicas. La composición de estas rocas varía de intermedia a ácida. El Batolito aflora desde el norte del Perú hasta la ciudad de Zamora. Es un plutón tipo "I" (Litherland et. al., 1994). En el área de estudio consta primordialmente de granitos a granodioritas horbléndicas de grano grueso a medio, destacándose grandes cristales de cuarzo, biotita, ortoclasa y hornblenda.

- **Unidad Agoyán (Paleozóico?)**

Comprende esquistos pelíticos y paragneises y aflora principalmente en la parte Norte de la cordillera. El afloramiento más accesible se encuentra justo al Este de los túneles de Agoyán, cerca de Baños. Los contactos con las unidades adyacentes son tectónicos y está estrechamente relacionada con el granito Tres Lagunas (Litherland et al, 1994).

La unidad Agoyán es más pelítica; y por tanto, en sentido estricto no es el equivalente de mayor grado de las semipelitas Chiguinda. Sin embargo, no hay evidencia para indicar que ella no se formó dentro de una cuenca común. Esta unidad no aflora dentro de la zona de estudio.

- **Granitos Tres Lagunas (Triásico Superior)**

Se encuentra asociada con las rocas metasedimentarias de Chiguinda y Agoyán a lo largo de toda la Cordillera Real. Sus contactos se infieren como tectónicos. Ocurre como lentes que varían de tamaño desde unos pocos centímetros hasta batolíticos. Su aspecto varía desde masivo a cizallado y esquistoso. Litológicamente consisten en monzogranitos y granodioritas de tamaño de grano medio a grueso y presentan megacristales de feldespatos alcalinos y cristales de cuarzo azul de hasta 14 cm; características de identificación de la unidad en el campo (Agregar fuente)

4.1.4. Geología Local.

Dentro del sector de estudio y a través de los diferentes afloramientos encontrados y muestras tomadas se encontró (Ver lámina 2):

- **Unidad Chiguinda:** se localiza en el Km 30+000 hasta el Km35+000; este sector presenta rocas tipo pizarras, filitas con pizarra, cuarcita con filitas, filitas, cuarcita con filita-andalucita, andalucita, cuarcita pura y filita con andalucita. Las filitas, se presentan como intercalaciones en medio de las pizarras dan un aspecto lustroso debido a la presencia de minerales micáceos como la clorita y cericita, que le dan una coloración verdosa. Las pizarras, son de color negro y en sectores meteorizados presentan tonalidades claras, las mismas que se encuentran intercaladas por lentes centimétricos de cuarcitas y esporádicamente lentes de cuarzo metamórfico de algunos centímetros de espesor. Presentan una foliación bien desarrollada, con planos lisos, un

espaciado entre los planos va de milímetros a centímetros en las zonas alteradas. En profundidad no se aprecia abertura de las juntas en condiciones normales, sin embargo hacia la superficie se encuentran juntas rellenas con material limo arcilloso, producto de la meteorización lo que contribuye a una elevada permeabilidad.

- **Unidad Gneis Sabanilla** desde el Km 35+000 hasta el Km 51+500, se puede encontrar rocas como: esquistos con biotita, gneis esquistosos, gneis-granitoides, cuarcita, filita-cuarcita y esquistos, gneis-esquistos con silimanita y diorita granito. Las cuarcitas, son de color gris claro, las juntas son planares y ligeramente rugosas, su continuidad es relativamente baja. En superficie las fracturas está alrededor de cinco milímetros, sin relleno, incrementando su permeabilidad.
- **Terreno Zamora**, A partir del Km 51+500 hasta el Km 53+500 se presentan rocas intrusivas como diorita y granito.

4.1.5. Geología Estructural.

La cuenca se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal N160-N170° (Ver lámina 3), que coincide con el curso actual del río Zamora; la nueva vía Loja-Zamora, evidencia mayor actividad tectónica en ese lado de la cuenca (Izquierdo, 1991).

La Unidad Chiguinda se encuentra en contacto tectónico con la Unidad Gneis de Sabanilla hacia el Oeste del sector de estudio. Las rocas de esta unidad han desarrollado una fuerte foliación y un intenso clivaje de fractura. De forma general, esta secuencia se encuentra fuertemente deformada presentando en algunos sitios pliegues volcados e inclinados (PMA: GCA, 2005a).

La Unidad Gneis de Sabanilla presenta de manera muy local micropliegues y la foliación tiene un rumbo preferencial andino (NNE-SSO). Los taludes expuestos a lo largo de la carretera se encuentran poco fracturados. Las fracturas observadas se orientan de forma aleatoria y tienen longitudes no mayores a un metro (Almeida E., 2006).

El estudio estructural realizado a lo largo de la carretera Loja-Zamora, que comprende el Sector Sabanilla- Zamora, exhibe los siguientes rasgos estructurales:

Para la secuencia metamórfica donde se ubican las unidades Chiguinda y Sabanilla la foliación con rumbo NE y N-S buzando con ángulos de hasta 85° (verticales) hacia el NO y E-O, están representadas por dos estructuras importantes que separan las unidades Chiguinda, Sabanilla y el Terreno Zamora. Las fracturas observadas en las Unidades Chiguinda y Gneis de Sabanilla tienen rumbos variados (NO, N-S, NE buzando al NE, O, SE, respectivamente) con ángulos de buzamiento superiores a los 70°.

4.2. Clima y Vegetación

4.2.1. Clima.

El clima del sector de estudio es variado, que va desde tropical húmedo hasta templado húmedo con temperaturas que oscilan desde 18° C hasta 22° C. presenta una pluviosidad alta durante el año con períodos cortos de ausencia de lluvias conocidos como “veranillos”. La ciudad de Zamora presenta promedios de precipitaciones anuales desde 1500 a 3000 mm. (Ver lámina 6).

La variabilidad que existe en el clima provoca grados diferentes de meteorización. Las rocas (Terreno de Zamora) que se ubican cerca de la

ciudad de Zamora, donde el clima es bastante cálido, presentan un grado muy alto de meteorización con la formación de suelos de potencias variables (3 a 5m).

4.2.2. Vegetación.

En lo que se refiere a la vegetación, en las partes más altas se distinguen áreas de bosque natural (selvático) junto con pastos naturales.

El estudio de las diferentes comunidades vegetales adquiere importancia en el análisis de la flora y fauna y, por su relación directa con los procesos de estabilización de las pendientes.

El análisis efectuado sobre las fotografías y el levantamiento en el campo, se centró en determinar la vegetación arbórea considerada como producto de la interacción del clima y suelo, desarrollada generalmente en zonas montañosas de difícil acceso; la vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y son de poca altura; y, la vegetación herbácea, que incluye las áreas cuya cobertura fisionómicamente dominante son los pastos plantados.

A lo largo de la carretera es posible apreciar que en algunas zonas la pérdida de cobertura vegetal ha influenciado de una u otra manera en la ocurrencia de procesos de movimientos en masa

4.3. Hidrología.

El sector de estudio se encuentra drenado por el Río Zamora el cual es la unión de los ríos Malacatos y Zamora, estos dos ríos se unen en la ciudad de Loja, hacia el norte por el Recinto Las Juntas, donde se produce el cambio en su dirección hacia el Este, en este trayecto toma el nombre único de Río

Zamora; el mismo que es un afluente del río Amazonas, que a su vez desemboca en el Océano Atlántico (Ver lámina 7).

Los afluentes del sector presentan una distribución dendrítica a paralela, entre los principales afluentes importantes del río Zamora son los ríos, Blanco, Sabanilla y el río San Francisco el cual registra un caudal máximo en promedio una vez cada 50 años que supera los 200m³/s.

Desde el cruce del río San Francisco con el río Zamora, la carretera es atravesada por un sistema de quebradas, de entre las principales tenemos la Gemairo, Monos, Consentida, Consuelo, El Tambo, La Rápida, De Chorrillos y la Queque, si bien el caudal de estas quebradas no alcanzan valores importantes, debido a las grandes pendientes de las laderas, se producen constantemente deslizamientos, flujos de lodo y movimientos de masa en general, dando lugar a la acumulación de rocas y escombros en la entrada de las alcantarillas y sobre la vía.

Además se considera que el sistema hidrográfico forma cauces muy encajonados y estrechos en forma de V y gargantas profundas sin dar lugar a valles.

4.4. Uso actual del Suelo.

Los estudios sobre el uso del suelo analizan y clasifican los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre práctica en una zona determinada (Ver lámina 5).

La interpretación del uso de suelos se realizó bajo criterios de clasificación fisionómica-estructural, las categorías son unidades mixtas dominadas por el elemento que les proporciona el nombre. Se identificaron 4 categorías, utilizando la siguiente leyenda:

Tabla 4.1. Leyenda de uso actual del suelo en el tramo Sabanilla-Zamora

CÓDIGO	PAISAJE	DEFINICIÓN	PORCENTAJE
1	Monte	Formación siempre verde, arbórea incluye montano y montano bajo	45.98%
2	Pastizales y cultivos	Pastizales plantados dominantes con policultivos y muy escasos restos de bosques	27.18%
3	Pastizales	Pastizales plantados, abundantes vestigios de bosque y muy escasos cultivos	0.11%
4	Frente de desmonte, viviendas dispersas y pastos	Pastizales plantados, pocas manchas de bosques y algunos cultivos	26.71%

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

De esta manera se puede dar cuenta que el mayor porcentaje del sector de estudio se encuentra ocupado por formación siempre verde, arbórea incluye montano y montano bajo denominado monte.

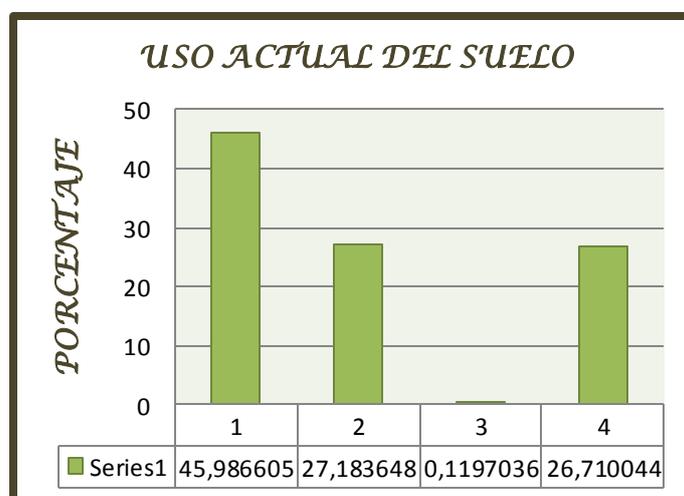


Imagen 4.3. Porcentajes de uso actual del suelo

4.5. Bosques protectores y Áreas de interés ambiental.

De acuerdo con la “Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso” las zonas consideradas de protección y conservación son tierras con pendiente generalmente muy escarpada y rocosa. La pendiente debe ser mayor a 50 % que es el factor determinante, que debe dedicarse a Bosques o Vida Silvestre según la misma Clasificación.

Dentro del sector de estudio se encontró un área de protección e interés ambiental el cual corresponde al Parque Nacional Podocarpus el cual fue creado por Acuerdo Ministerial No. 398, publicado RO. No.404, de enero 5 de 1983. Con una superficie de 146.280 ha, localizado en las Provincias: Loja y Zamora Chinchipe, presenta características principales como que se encuentra situado donde se sobreponen los centros de endemismo de los Andes del Norte y Tumbes con una estimación de más de 4000 especies de plantas y 600 especies de aves.

Dentro del Parque Nacional Podocarpus, se encuentra el Bosque y Vegetación Protectores Corazón de Oro, creado por Acuerdo Ministerial No 15 de mayo 11 del 2000, con un área de 53300ha, se lo puede encontrar en las Provincias: Loja y Zamora Chinchipe; Cantones: Loja, Zamora; Parroquias: Jimbilla, San Lucas, Imbana y Sabanilla el cual constituye el origen de varias fuentes hídricas, mantiene una gran diversidad de especies de flora y fauna.

4.6. Evaluación de las metodologías utilizadas

4.6.1. Mapa de inventario de movimientos en masa

Para la elaboración del mapa de inventario se realizó mediante fotointerpretación de los movimientos en masa existentes en la vía, para luego

realizar el chequeo de campo en el cual se determino 31 movimientos en masa los cuales fueron clasificados de la siguiente manera (Ver tabla 4.2.). En que además se vio la tipología del movimiento, estado, litología del movimiento, discontinuidad de las rocas, los factores condicionantes y desencadenantes.

Como resultado en el sector de estudio tenemos 9 tipos de movimientos en masa:

Tabla 4.2. Resultados de la clasificación de movimientos en masa.

Tipo de movimiento	Número FRM	Descripción de Factores
Avalancha de detritos	2	Este tipo de movimiento se da en pendientes tipo 5, así como así como por discontinuidad de rocas.(D7,D27)
Avalancha de escombros	3	Se produce en pendientes tipo 3, 4, 5, debido a las precipitaciones intensas, discontinuidad de rocas y por acción antrópico. (D12,D13,D22)
Avalancha de tierra	1	Se da en áreas de pendientes tipo 3, se presenta por la naturaleza del suelo, precipitaciones intensas, y por acción antrópico que es la construcción de la vía. (D 28)
Deslizamientos rotacionales	3	La ocurrencia de este tipo de deslizamiento obedece a la presencia de precipitaciones intensa, pendientes de tipo 2 y 4. En el área de estudio son movimientos lentos. (D5,D9,D20,)
Deslizamientos traslacionales	14	Este tipo de deslizamiento ocurre en áreas de pendiente de tipo 1 y 2 esta relacionado por aguas infiltradas en la parte inferior. Por lo general son movimientos rápidos.(D1,D2,D3, D4,D6,D10,D11,D16,D17,D19,D26,DG29,D30,31).

Flujo de detritos	1	Los flujos de detritos en el área de estudio son movimientos rápidos y asociados a carcavamientos y/o surcos, se presentan en áreas de pendientes de 4, (D23).
Flujo de escombros	5	Estos se presentan en pendientes de tipo 3,4,5, otros de los factores son por la naturaleza del suelo, precipitaciones intensas, así como por la construcción de la vía.(D14,D15,D16,D24,D25)
Flujo de escombros y deslizamiento planar	1	Este movimiento se presenta en un área de pendientes tipo 3, como por precipitaciones intensas, por la naturaleza del suelo, construcción de la vía. (D8)
Desprendimiento de rocas y suelos	1	El desprendimiento de rocas, proceso que se presenta en áreas de pendientes cercanas 3 y corresponden litológicamente a afloramientos rocosos ya alterados. Son movimientos muy rápidos (D21).
Total	31	

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F

A continuación se describe brevemente un registro fotográfico de cada uno de los movimientos en masa encontrados en el lugar de estudio:

Registro Fotográfico	Información General
	<p>Nº Deslizamiento: D1 Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional Coordenadas: X: 720820 Y: 9553860 Z:1240</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D2 Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional Coordenadas: X: 715836 Y: 9561700 Z: 1700</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D3 Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional Coordenadas: X: 716080 Y: 9561770 Z:1700</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D4 Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional Coordenadas: X: 716146 Y: 9561816 Z:1700</p>

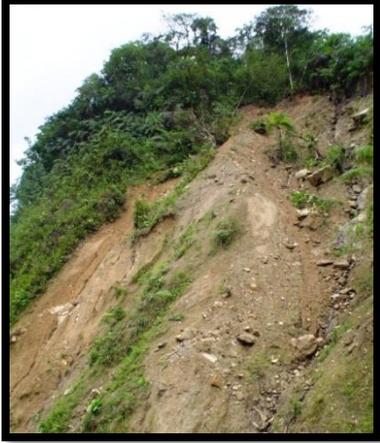
	<p>Nº Deslizamiento: D5</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento rotacional</p> <p>Coordenadas: X: 716318 Y: 9561918 Z:1720</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D6</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 716629 Y: 9562231 Z:1780</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D7</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de detritos</p> <p>Coordenadas: X: 716695 Y: 9562468 Z:1780</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D8</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros y Deslizamiento planar</p> <p>Coordenadas: X: 716835 Y: 9562764 Z:1780</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D9</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento rotacional</p> <p>Coordenadas: X: 716869 Y: 9562884 Z:1660</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D10</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 716967 Y: 9563122 Z:1660</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D11</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 717100 Y: 9563347 Z:1660</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D12</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 717457 Y: 9563424 Z:1650</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D13</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 718531 Y: 9563057 Z:1640</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D14</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 720253 Y: 9561955 Z:1680</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D15</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 720207 Y: 9561630 Z:1600</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D16</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 720219 Y: 9559070 Z:1580</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D17</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 719818 Y: 9555978 Z:1420</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D18</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 720412 Y: 9555115 Z:1460</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D19</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 720710 Y: 9554792 Z:1360</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D20</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento Rotacional</p> <p>Coordenadas: X: 720956 Y: 9554382 Z:1310</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D21</p> <p>Tipo de FRM: Desprendimiento de rocas y suelos</p> <p>Coordenadas: X: 720984 Y: 9554122 Z:1280</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D22</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 720796 Y: 9553572 Z:1260</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D23</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de detritos</p> <p>Coordenadas: X: 720890 Y: 9553276 Z:1200</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D24</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 721170 Y: 9553440 Z:1190</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D25</p> <p>Tipo de FRM: Flujo de escombros</p> <p>Coordenadas: X: 722624 Y: 9553308 Z:1200</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D26</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 722810 Y: 9553262 Z:1110</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D27</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de detritos</p> <p>Coordenadas: X: 723061 Y: 9553284 Z:1090</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D28</p> <p>Tipo de FRM: Avalancha de tierra</p> <p>Coordenadas: X: 723382 Y: 9553136 Z:1080</p>

	<p>Nº Deslizamiento: D29</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 725502 Y: 9551458 Z:980</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D30</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 725910 Y: 9551412 Z:980</p>
	<p>Nº Deslizamiento: D31</p> <p>Tipo de FRM: Deslizamiento traslacional</p> <p>Coordenadas: X: 726381 Y: 9550958 Z:980</p>

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

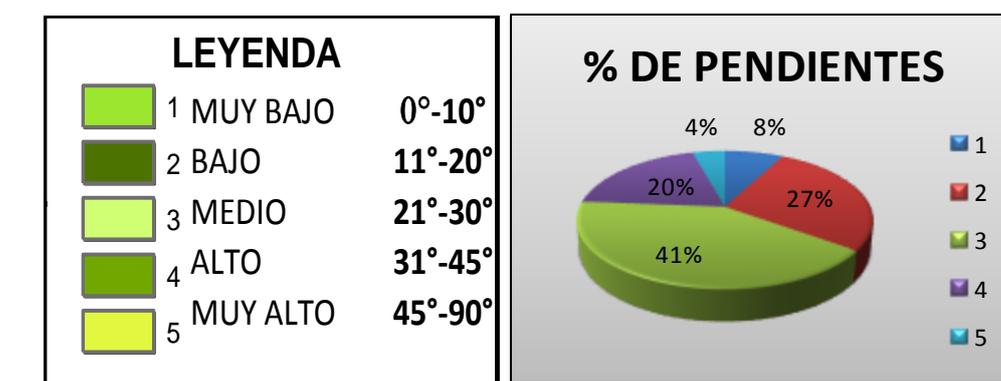
Para luego proceder a la digitalización de los movimientos en masa en base SIG con la ayuda del software Arc gis 9.2., cada uno con su propia identificación, tipo de movimiento. Esta técnica es utilizada solamente para guardar la información y presentar el mapa de inventarios a movimientos en masa, que están representados en dicho mapa (Ver lámina 9), que se encuentran a escala 1:25.000.

4.6.2. Mapa de pendientes

El mapa de pendientes del sector de estudio es una imagen que se obtuvo aplicando algoritmos de álgebra (álgebra matricial y geométrica vectorial), utilizando la topografía a escala 1:25.000 que presenta curvas de nivel cada 20m; la cual sirvió para un modelo de elevación digital. Como herramienta para generar el mapa de pendientes se utilizó la tarea Slope of Elevation del software Arc gis 9.2.

En la sector de estudio, se encuentran pendientes con un rango de 0° a 90° grados, este mapa fue reclasificado de acuerdo a los 5 tipos de pendientes según Varnes (1984-1988) propuesta para este estudio (Tabla 3.3).

Imagen 4.4. Leyenda del Mapa de Pendientes, clasificación de Pendientes



Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

De la imagen, se clasificó los porcentajes de las pendientes (Ver lámina 8), de lo cual se concluye que las pendientes, van de un rango 0°- 10° poseen un porcentaje de 8% considerados de relieve planos, 11° - 20° se encuentran en un 27% con un relieve inclinado, pendientes que oscilan un rango de 21° - 30° que son moderadamente escarpadas se encuentran en 41%, las pendientes de un rango de 31° - 45° , con un porcentaje de un 20% considerado con una forma del terreno escarpado, las pendientes con un rango de 45° - 90° con un porcentaje de 4% con un relieve muy escarpado. A las mismas que se les asignó un peso (Tabla 3.4) según la metodología

adaptada de G. Guamán, para realizar la superposición de mapas y obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector.

Tabla 4.3. Peso Relativo de acuerdo a la pendiente (adaptada et. G. Guamán. UNIGIS).

Tipos Pendiente	Relieve	Peso Relativo
1	Planos	0
2	Inclinados	1
3	Modernamente escarpado	2
4	Escarpado	3
5	Muy escarpado	4

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

4.6.3. Mapa de precipitaciones.

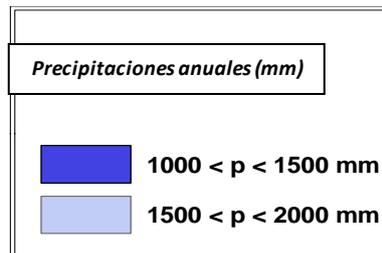
El modelo de precipitaciones o modelo de lluvias es un mapa parámetro obtenido de la interpolación de isoyetas anuales (Ver lámina 8), que a su vez se trazaron con base en el promedio de precipitación anual de 4 estaciones pluviométricas (Tabla 4.3.). Con valores desde el año 1964 hasta el 1997, debido a que la falta de información actualizada. El valor promedio anual se tomo para ser ingresado en la base de datos de la precipitación

Tabla 4.4. Estaciones Meteorológicas

Nombre de la Estación	Código	Año	Precipitación Anual (mm)	Elevación (m.s.n.m)
Cajanuma	M-543	1964-1994	1654	2380
San Francisco	M-503	1964-1994	2219	1620
Zamora	M-207	1964-1997	1607	970
Yanzatza	M-190	1971-1998	173	830

Los valores de precipitación que se crearon a partir de la interpolación por medio de IDW en el software Arc gis 9.2. que generaron los siguientes resultados.

Imagen 4.5. Precipitaciones anuales en el sector de estudio



Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Se considera un factor desencadenes a los movimientos en masa del sector Sabanilla–Zamora, debido a los altas precipitaciones pluviométricas presentadas en la temporada invernal.

4.6.4. Mapa Geológico

Para este trabajo se realizó la Geología Local (Lámina 2) mediante el recorrido campo y con ayuda de los afloramientos existente en la vía, con bases de hoja geológica a escala 1: 100 000 de Zamora. Se clasificaron y agruparon las unidades litológicas según sus características mineralógicas, de tal manera que expresaran la susceptibilidad a la remoción de los materiales derivados de su meteorización, que cubren los primeros metros de espesor sobre el sector de estudio. (Tabla 3.4).

Tabla 4.6. Susceptibilidad a movimientos en masa (Adaptada et Mora Varhson 1993)

Unidad Litológica	Susceptibilidad	Peso
Unidad Chiguinda: rocas como pizarras, filitas con pizarra, cuarcita con filitas, filitas, cuarcita con filita-andalucita, andalucita, cuarcita pura y filita con andalucita.	Alta	4
Unidad Gneis Sabanilla se puede encontrar rocas como: esquistos con biotita, gneis esquistosos, gneis-granitoides, cuarcita, filita-cuarcita y esquistos, gneis-esquistos con silimanita y diorita granito.	Mediana	3
Terreno Zamora, se puede encontrar un tipo de roca que predomina hasta el final del sector de estudio es diorita-granito	Moderada	2

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Esta clasificación de la geología fue retomada en este estudio como base para el análisis de la variable en el modelo de susceptibilidad, las unidades litológicas fueron clasificadas en tres clases. A cada clase se le asignó un peso de acuerdo a la metodología Mora y Varhson (1993).

4.6.5. Mapa Susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad a los movimientos (Imagen 4.6) se determinó convirtiendo los archivos tipo shp (Pendientes, geología, precipitaciones) a grid para el análisis respectivo, a través del modulo spatial análisis (Arcgis 9.2.) con la escala de valores tipo Lickert (valores 1,2,3,4,5) siendo el valor 1 muy bajo riesgo, el valor 2 bajo riesgo, el valor tres riesgo medio o moderado, el valor 4 alto riesgo y el valor 5 muy alto riesgo (Tabla 4.7).

Se clasifica el sector de estudio según su potencial latente de inestabilidad, el cual categorizada de acuerdo a la ocurrencia de los movimientos en masa al cumplirse dos condiciones: la existencia de una susceptibilidad (factor pasivo), frente a un agente detonante (factor activo), como en este caso son consideradas las precipitaciones intensas. Por esta razón el mapa de susceptibilidad es incrementado o disminuido de acuerdo a la magnitud de las lluvias.

A grandes rasgos tenemos que las áreas de susceptibles baja a los movimientos en masa se localiza en la parroquia El Limón y en el ingreso al cantón Zamora. Las áreas consideradas de muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa es del Km 31+000 hasta el Km 49+750, que se localizan la parroquia Sabanilla, El Retorno, La Finca Santa Isabel, Soñadores, La Fragancia (Ver lámina 11).

En el cual se determina que la susceptibilidad a movimientos en masa del sector se presenta por sus condiciones geológicas, climáticas y el ángulo de sus pendientes (Imagen 4.11.).

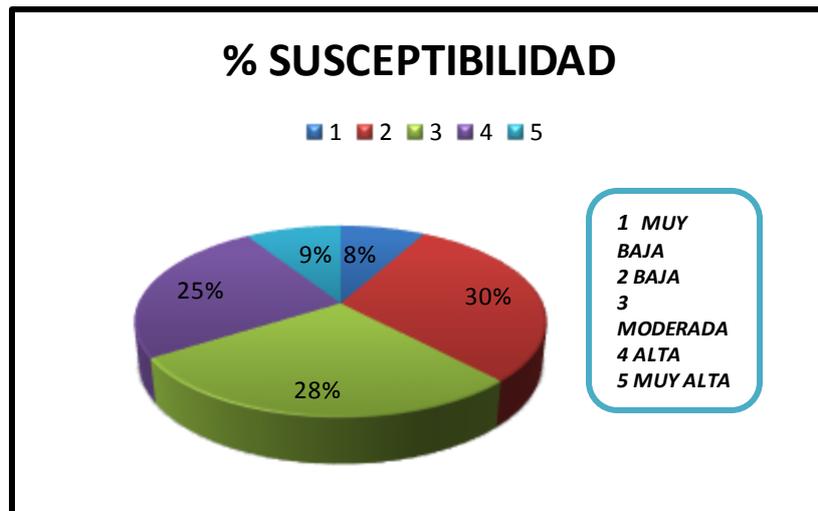


Imagen 4.6. Porcentaje de susceptibilidad a movimientos en masa

Los sitios que presentan una alta susceptibilidad a movimientos en masa, se localizan cerca a los poblados. Pero el sector que se ve mayormente afectado es la parroquia de Sabanilla.

Los resultados obtenidos se clasificaron dependiendo del rango obtenido en la sumatoria de pesos relativos en superposición de mapas

Tabla 4.7. Tabla Susceptibilidad

Peso Relativo	Susceptibilidad	Rango
1	Muy Baja	0-8
2	Baja	9-12
3	Moderada	13-18
4	Alta	19-32
5	Muy Alta	33-54

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 4.8. Resultados de susceptibilidad

Susceptibilidad	(%)
Muy baja	8
Baja	30
Moderada	28
Alta	25
Muy alta	9

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

4.6.6. Vulnerabilidad Física

Se realizó el análisis de vulnerabilidad física utilizando el modelo cualitativo para la determinación de los factores físicos, que fueron identificados y calificados en la visita de campo (Anexo 32, 33,34), posteriormente se realizó la interrelación de los mismos, con las respectivas calificaciones que van de uno al cinco dependiendo del nivel de vulnerabilidad de cada factor.

Una vez valorados los factores (Tabla 4.9.), se produjo la base de datos espacial y una tabla que contiene los valores por niveles que fueron convertidos a grid para su superposición de mapas generando una cartografía numérica con base a calificaciones que fue analizada a través de píxeles.

Tabla 4.9. Pesos de Factores físicos

Factores de vulnerabilidad Física a Movimientos en Masa	
Tipología y categoría de edificaciones	
Peso	Valor
1	1
2	10
Infraestructuras de Servicios Públicos	
1	1
2	12
Infraestructura Vial	
1	1
2	2
Pendientes	
0	1 Muy Bajo
1	2 Bajo
2	3 Mediano
3	4 Alta
4	5 Muy Alta
Formaciones Geológicas	
3	Unidad Chiguinda
2	Unidad Gneis de Sabanilla
1	Terreno Zamora

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Los factores fueron designados a las metodologías adaptadas al sector de estudio y las condiciones físicas tales como:

Para el factor Tipología y categoría de edificaciones, se utilizó los siguientes parámetros como son: Diseño y construcción; Sistemas estructurales y Fundaciones, los mismos que se les designó en la base de datos un peso relativo (Ver anexo 3).

Otros factores analizados fueron: Infraestructura de servicios públicos, infraestructura vial, pendientes y formaciones geológicas superficiales; al igual que lo anterior se les asignó un peso relativo.

Generando un nivel de Vulnerabilidad por pixel:

$V_f = a$ la Superposición de los factores físicos

$V_f = \text{Tipología} * \text{Infraestructura de SP} * \text{Infraestructura Vial} * \text{Pendientes} * \text{Geología}$

Esto se realizó mediante la conversión de formato shp a a grid, lo que generaron resultado un mapa de vulnerabilidad Física (Ver lámina 12).

Para la cual se definió los siguientes niveles de Vulnerabilidad:

Tabla 4.10. Resultados de vulnerabilidad física

Nivel	Vulnerabilidad	Rango
1	Muy Baja	0-10
2	Baja	10-24
3	Media	24-34
4	Alta	34-60

5	Muy Alta	60-90
---	----------	-------

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Como se observa en la Lámina 12. Las zonas de mayor vulnerabilidad se encuentran en la Parroquia Sabanilla, pues es la que mayor daño sufre a causa de los movimientos en masa.

4.6.7. Mapa de vulnerabilidad Socio - económica

El mapa de vulnerabilidad socio-económica, fue relacionada con los movimientos en masa se determino los factores socio-económicos, ya que el impacto de los mismos tienen mayor incidencia en zonas pobladas que aquellas sin habitantes.

El siguiente paso se realizó el análisis en cual permitió la delimitación de los factores socio-económicas, en el cual se realizó por calificación por niveles. El modelo teórico que se formuló en el mencionado trabajo fue el siguiente:

$$V = F (X1 * X2 * X3 * X4)$$

Donde:

X1= Nivel Socio-económico

X2= Densidad Poblacional

X3= Organización de las comunidades

X4= Organización funcional.

Todas estas variables miden situaciones previas a para la vulnerabilidad socio- económica según las matrices de Bertín (1977), la que nos permitió una información en malla de lectura (Tabla 4.12).

En el caso de la Vía Loja-Zamora desde el Tramo Sabanilla-Zamora, se determino la existencia de cinco tipos de vulnerabilidad socio-económica (Tabla4.11).

Tabla 4.11. Tabla de Vulnerabilidad Socio-económico

Nivel	Vulnerabilidad	Rango
1	Muy Baja	0-2
2	Baja	2-4
3	Media	4-6
4	Alta	6-8
5	Muy Alta	8-10

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Esto es lo que se representa en el mapa adjunto, expresado como los anteriores en una escala numérica entre 1-5 (Ver lámina 13). En el cual nos determinó las zonas de mayor vulnerabilidad socio-económica son las parroquias Sabanillas, El Retorno, Soñadores, Zamora y los de menor vulnerabilidad donde caseríos y lugares donde no existe población

Después de haber realizado la vulnerabilidad física y socio-económica se procedió a llenar la matriz según el método de las matriz de Bertin (1997) Ver tabla 4.7.2.

Estos datos están compuestos en nueve factores principales los cuales cinco son factores físicos, y cuatro socio-económicos, los mismos que poseen valores del 1-5, según la superposición de mapas y respectiva reclasificación.

Tabla 4.12. Matriz de Bertin

MATRIZ DE BERTIN									
POBLADO	FACTORES FISICOS					FACTORES SOCIO-ECONOMICOS			
	Tipología y categoría de edificaciones	Infraestructura de servicios públicos	Infraestructura vial	Pendiente	Geología	Nivel socio-económico	Densidad poblacional	Organización de comunidades	Organización funcional
IMBANA	1	2	2	4	3	4	1	1	2
SABANILLA	2	1	1	3	2	3	3	1	2
ZAMORA	2	1	1	2	1	2	4	2	1

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

4.6.8. Relación de la Vulnerabilidad Física con Vulnerabilidad Socio-económica

Se realizó la superposición de los mapas de vulnerabilidad física con la vulnerabilidad socio-económica, mediante el software Arc Gis 9.2. Los mismos que se los convirtió en de formato shp a grid, para poder realizar la multiplicación de mapas y resultado se reclasifico, en 5 clases:

Tabla 4.13. Resultados de la reclasificación entre la vulnerabilidad física y socioeconómica.

Clases	Vulnerabilidad	Rango
1	Muy Baja	1-4
2	Baja	4-6
3	Moderada	6-10
4	Alta	10-16
5	Muy Alta	16-25

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

El mapa final que resulto de la interrelación que indica que las zonas de mayor vulnerabilidad se encuentran alrededor de los asentamientos humanos que son la parroquia de Sabanillas, el Retorno, la Finca Santa Isabel y Zamora. (Ver lámina 14).

4.6.9. Mapa de Influencia Antrópica

El mapa de las influencias antrópicas a los movimientos en masa, fue relacionado mediante la superposición de los mapas, de inventarios, uso de suelos, geomorfología, pendientes y otros factores antrópicos que se los obtuvo mediante las fichas de campo.

El estudio realizado en la Vía Loja-Zamora, en el tramo comprendido desde el Sabanilla- Zamora, demuestra que el 86% de los movimientos en

masa se deben a actividades humanas (Imagen 4.9), se consideran como las mas importantes modificaciones causadas por el hombre que producen la inestabilidad de los suelos, el cambio en la topografía y las cargas del talud, los cambios en las condiciones de humedad, las vibraciones, los cambios en la cobertura vegetal, la negligencia en el manejo de los taludes y la utilización para el paso de peatones y animales.

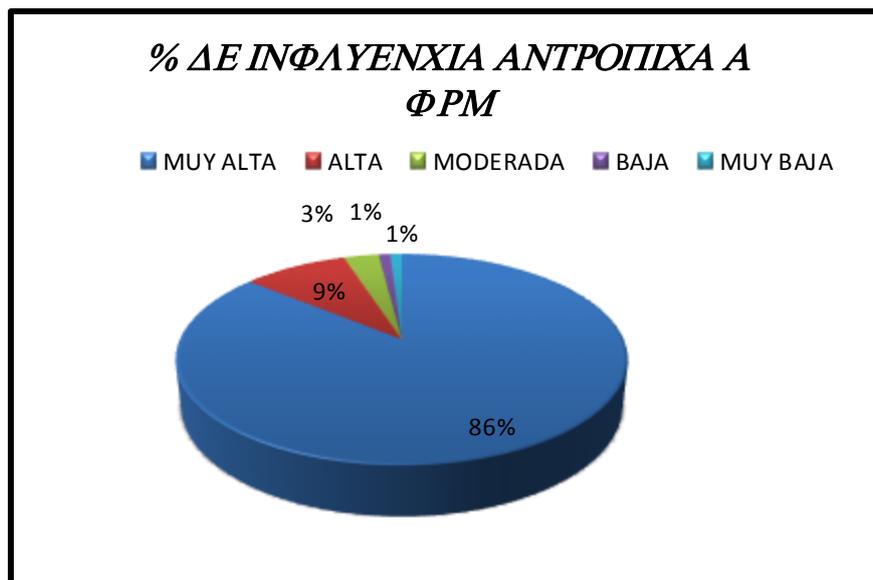


Imagen 4.9. % de Influencia antrópicas a FRM

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

Los principales problemas que han desencadenado los movimientos en masa en el sector de estudio son los siguientes:

- Precipitaciones pluviométricas intensas.
- Pérdida de del ángulo natural a causa de la vía.
- Cargas y sobre cargas en los taludes.
- Modificaciones en el uso del suelo en las zonas de bosques por zonas de cultivo y pastizales.

Los movimientos en masa que han afectado en el sector en temporadas de mayor pluviometría se podrán reactivar y causar daños. El resultado de esta evaluación se presenta en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Pesos para la influencia antrópicas

PARAMETRO	CATEGORIA	VALOR
Geomorfología	Muy escarpados	5
	Escarpados	4
	Moderadamente escarpados	3
	Inclinados	2
	Planos	1
Uso del Suelo	Pastizales plantados, pocas manchas de bosque y algunos cultivos	4
	Pastizales plantados dominantes con policultivo y muy escasos restos de bosque	3
	Pastizales plantados, abundantes vestigios de bosque y muy escasos cultivos	2
	Formación siempre verde incluye montano y montano bajo	1
Otros factores antrópico	Construcción de Vía	5
	Sobre Cargas	4
	Deslizamientos por cambio de pendiente	3

Alta influencia antrópicas significa que el sector han afectado intensamente a los movimientos en masa que han desestabilizan las laderas y afectado a las obras (Ver lámina 15).

4.7. Medidas de previsión y prevención

4.7.1. Medidas previsión

Las medidas de previsión sugeridas para el sector de estudio son las siguientes:

4.7.1.1. ¿Qué hacer antes?

No compren o alquilar los terrenos dedicados a pastizales en zonas susceptibles a movimientos en masa que se localizan en la parroquia Sabanilla y a lo largo de la vía Sabanilla-Zamora. .

No se deje convencer para obtener un lote, o una casa; probablemente le quieren vender en una zona susceptible a movimientos en masa por el bajo costo.

Organizar, difundir y emprender acciones de información, sobre las zonas de mayor susceptibilidad a movimientos en masa del sector de estudio, para que los habitantes se encuentren preparados y además se pueda asesorar antes de construir su casa para no correr riesgos a tipo de movimientos y se pueda evitar la pérdida de vidas humanas.

Los banqueos o cortes en la montaña deben realizarse mediante estudios técnico-ingenieriles que comprueben la resistencia de las laderas en la vía.

La construcción de viviendas en los centros poblados de mayor incidencia movimientos en masa no deben ser con materiales pesados en terrenos débiles.

El manejo de las quebradas, ríos del sector debe ser eficiente para evitar que el agua se filtre en el interior de las montañas: abra zanjas, drenajes,

alcantarillas y cunetas firmes que permitan el desagüe ordenado de la montaña.

Rellenar las diaclasas que vayan de cm a m, en la llegada de Zamora con greda para que el agua no se filtre.

Las personas que habiten en zonas de alta pendiente cerciórese de que su casa y la de sus vecinos estén firmemente construidas para evitar que caigan unas encima de otras.

Para detener la erosión que causan los movimientos en masa informar a la población que evite: quemas y talas, surcos en el sentido de la pendiente, sobre pastoreo.

Proteger el terreno sembrando plantas que crezcan rápido y se extienda fácilmente cubriendo el suelo. Estas barreras deben ser horizontales a través de la pendiente.

Informar a la comunidad que se debe sembrar en curvas de igual nivel, o sea siguiendo las curvas naturales del terreno.

Proteger el nacimiento de agua, chorros arroyos y quebradas sembrando pastos, y plantas nativas del sector entre otras especies.

Elaborar un plan de evacuación, para la parroquia de Sabanilla por encontrarse en la zona de mayor susceptibilidad y difundirlo.

No permitir el uso de explosivos en los terrenos.

En el sector de estudio, donde se presentan movimientos tipo flujos se pueden tomar medidas prácticas tales como dragados del cauce de los ríos, construcción de diques, trinchos, jarillones y estructuras de retención.

Si la población observara un principio de algún movimiento en masa avise a las siguientes instituciones que encuentran a cargo como: Defensa Civil de Zamora, Junta Parroquial de la parroquia Sabanillas, Tendencia Política de Sabanilla o en la alcaldía del Cantón Zamora.

Se deben tener disponibles Sistemas de alerta temprana como: pitos para advertir el peligro, o para pedir ayuda en caso de quedar atrapado.

4.7.1.2. ¿Qué hacer durante?

En las zonas pobladas se debe impartir charlas informativas de que hacer en caso que se produzca algún movimiento en masa, las recomendaciones serian las siguientes:

Si cuenta con algunos segundos, aprovéchelos. Con la señal de alerta o alarma

Evitar el pánico, él es su principal enemigo.

Si es posible ayude a niños ancianos, minusválidos y personas nerviosas.

Si puede ser víctima de un movimiento en masa gradual o relativamente lento no deje para última hora la evacuación.

4.7.1.3. ¿Qué hacer después?

En caso que se haya producido algún movimiento en masa, en la zona de estudio y esta haya sido en un centro poblado tener en cuenta lo siguiente:

No pise escombros en forma indiscriminada y tenga mucho cuidado con tumbar columnas, paredes o vigas que hayan quedado débiles; pueden estar

soportando estructuras las cuales probablemente se caerán ante cualquier movimiento.

Tenga mucho cuidado si tiene que encender fuego (fósforos, velas, etc.), ya que pueden causar una explosión si hay una fuga de gas o combustible en el lugar.

No mueva a personas lesionadas a no ser que estén en peligro de sufrir nuevas heridas. Si debe hacerlo y sospecha que puede tener fracturada la columna no doble al herido; trasládalo con mucho cuidado sobre una superficie plana - como una tabla-, a un lugar seguro. Si la fractura es en brazos o piernas no los hale por ningún motivo.

Si es posible colabore en las labores de rescate.

Procure no habitar en carpas; es preferible trasladarse temporalmente la residencia de familiares o conocidos que le brinden alojamiento.

Si usted no ha sufrido daños sea solidario, preste alojamiento temporal a un afectado.

Acate las instrucciones dadas por las autoridades y organismos de socorro.

No utilice servicios públicos como transporte, teléfonos, hospitales, etc., si no es estrictamente necesario.

Aplice las medidas preventivas para no volver a sufrir las consecuencias.

4.7.2. Medidas de prevención

Para las medidas de prevención a los movimientos en masa que se localizaron en el sector de estudio son las siguientes:

Tabla 4.15. Medidas de prevención según el tipo de movimiento

Tipo de movimiento	Medidas
Avalancha de detritos	Limpiar las partes del talud, drenajes superficial más subdrenaje con drenes horizontales
Avalancha de escombros	
Avalancha de tierra	
Deslizamientos rotacionales	Realizar investigaciones geotécnicas para determinar cotas de cimentación para el diseño de posible muro de contención Cunetas de coronación con un sistemas de drenaje
Deslizamientos traslacionales	Cambio de configuración del talud. Manejo de la red superficial con cunetas de coronación, control de descargas en las alcantarillas. Construcción de un muro de gaviones
Flujo de detritos	Se construyen estructuras disipadoras para evitar la incorporación de Material del cauce
Flujo de escombros	
Flujo de escombros y deslizamiento planar	Limpieza del material deleznable del talud de corte y conformación de bermas son un sistema de drenaje. Construcción de muro de pie para contención

Desprendimiento de rocas y suelos	Limpieza del material deleznable del talud de corte por encontrarse en la vía y no afectando a la población.
-----------------------------------	--

Fuente: Elaborado por Ramos L. Ureña F.

5. DISCUSIÓN

La actividad de deslizamientos a nivel mundial se está incrementando debido a:

- Incremento de urbanización y desarrollo en áreas propensas a deslizamientos.
- Deforestación continúa de áreas propensas a deslizamientos.
- Incremento de la precipitación regional causada por los cambios de los patrones climáticos

La historia y descripciones de los deslizamientos son dos elementos que nos acercan a una posible predicción de nuevos deslizamiento que se pueden dar en las laderas.

Actualmente, los cuerpos de los deslizamientos grandes están estabilizados, en sus coronas y a través de diferentes mecanismos de control, pero se debe tomar en cuenta que esta es una zona de gran influencia a los movimientos en masa, en algunos de los de estos movimientos se puede

observar retrogresión de los mismo, los cuales causan daño de manera directa principalmente a la vía que conduce de Loja a Zamora. En este sector se presentan pendientes de hasta 90° y alturas que van de 940 a 2000 msnm.

Los deslizamientos más activos se encuentran en el Km 52, en el sector del El Limón se puede observar un deslizamiento de gran magnitud el mismo que en la actualidad causa el gran daño a la vía obstruyendo el paso vehicular y afectando así de manera directa a la economía tanto de Zamora y Loja, por la falta de comercialización de productos, especialmente de primera necesidad.

Se ha observado que los deslizamientos estables se encuentran en zonas con pendientes menores de 10° por lo que, todas aquellas zonas donde han ocurrido movimientos de terreno y cuya pendiente sea mayor a la mencionada, tienen probabilidades altas a ser activadas.

Los sondeos de los deslizamiento a través de observaciones de campo en la vía Loja Zamora en el tramo Sabanilla-Zamora, se pudo identificar diaclasas con dirección N-S, con espaciamiento de 0.05mm, así como también filitas con foliación N-S / 78°, que presentan una foliación en contra de la topografía, se encontró filitas alteradas intercaladas con cuarcitas con una foliación N-S/72°O, esquistos intercalados con filitas, los esquistos se encuentra en su mayoría fracturados con una foliación que va de 65°/75°, y en planos de deslizamiento en los horizontes de pizarras, filitas-pizarras, cuarcitas, esquistos.

Del mismo modo se encontró Gneis de grano grueso con una foliación N2°O, como igualmente Los movimientos son paralelos a la estratificación o planos de contacto, de igual manera se pudo observar bloques de gneis de hasta 1.5m de diámetro.

Aunque aparentemente la saturación del agua favorece el movimiento, el tipo de roca también influye para que se produzcan este tipo de movimientos por lo que se infiere que los costados del deslizamiento principal son movidos por arrastre de la parte central.

En caso de un evento desencadenante como pueden ser factores antrópicos como cargas en el talud, construcción de la vía, movimientos por cambio de talud, es probable que otros planos de falla se reactiven y con seguridad, los planos de contacto seguirán actuando como planos de deslizamiento bajo condiciones de pendientes favorables.

Con respecto al efecto producido por las abundantes precipitaciones en el sector como agente promotor de deslizamientos, y para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que correlaciono las precipitaciones, la geología y las pendientes del sector de estudio y de esta manera tomar en cuenta que tipo de movimiento se puede producir.

De esta manera se puede pronosticar un incremento constante en los movimientos en masa, en los meses de lluvias, correspondientes al invierno, disminuyen en los meses relacionados a la temporada de verano.

En caso de lluvias torrenciales, es altamente probable que ocurran flujos de detritos que arrastren hacia la zona de la carretera parte del material que se ha removido. Considerando la lluvia como un factor importante en la saturación de los sedimentos y como factor lubricante en los planos de contacto, se considera de vital importancia que se mantenga que la condición de emergencia en el sector de estudio que ya reúne las características antes mencionadas.

Se observó dos falla determinadas entre la formación Chiguinda y Terreno Zamora, las cuales se cree que sería una causa de los movimientos en más presentes en el sector. Otras anomalías en el terreno se alinean con alguna estructura y, en algunas construcciones, las fracturas se asocian con la reptación del suelo.

Tal como se ha comentado anteriormente existe una clara tendencia al aumento de la peligrosidad por deslizamientos (sobre todo en las últimas

décadas), fundamentalmente debida al incremento de la frecuencia de los deslizamientos y a factores antrópicos que ocasionan que estos se produzcan con mayor frecuencia en el sector de estudio.

Mientras que la distribución espacial de los mismos tiende a manifestarse casi siempre en unas zonas concretas (de mayor susceptibilidad), como también es evidente que ha aumentado (y previsiblemente seguirá aumentando) la exposición, al existir cada vez más población, infraestructuras y actividades económicas sobre el sector. Lo cual es evidente en la variación de la vulnerabilidad socioeconómica, la cual se presenta, a nivel global, una tendencia al aumento, el resultado es un marcado aumento del riesgo a movimientos en masa (daños).

Por este motivo se ha tomado iniciativas en una serie de proyectos relacionados con el estudio de los deslizamientos, especialmente en la vía Loja-Zamora, por los diferentes problemas que presenta con relación a los FRM. Existen tendencias globales de los componentes del riesgo, la tendencia general es hacia más y más desastres, con menos muertes, pero con un número mayor de damnificados y de pérdidas económicas.

La clasificación del territorio en zonas de distinta peligrosidad o riesgo se ha abordado por parte de muy diversos autores y de formas bastante variadas. La diversidad de enfoques y de metodologías ha dado lugar a cartografías con sentidos muy distintos y de difícil estandarización, dado que en general se han concebido para aplicaciones específicas.

Los distintos enfoques seguidos, tratan de hacer pronósticos con respecto a la futura interacción entre procesos de deslizamiento y elementos humanos (vidas y bienes materiales), lo cual requiere, de una u otra forma, el análisis del comportamiento pasado así como el desarrollo y validación de modelos.

A pesar de la gran cantidad de trabajos existentes, son escasos, como se verá, los que abordan de manera explícita la obtención de mapas de la

influencia de la actividad antrópica a los movimientos en masa, y todavía menos los que lo hacen de manera cuantitativa.

Sin embargo, dado que los deslizamientos generan gran cantidad de daños, parece claro que es necesario desarrollar herramientas que permitan estimar las pérdidas futuras producidas por este proceso natural y ayuden a poner en práctica medidas de reducción de daños, para evitar o disminuir tales pérdidas.

Las herramientas más adecuadas para conseguir estos propósitos son los mapas de influencia de actividad antrópica. En el uso práctico de mapas que permitan evaluar la influencia de las actividades antrópicas en los procesos de movimientos en masa, ha habido pocos avances, sobre todo en lo que se refiere a estimaciones de dicha influencia, a pesar de que, al menos desde el punto de vista conceptual, se conocen los distintos factores que intervienen.

Esto es así porque existen dificultades para obtener los datos necesarios para evaluar la influencia de los factores antrópicos a los movimientos en masa, que permitan expresar, de forma práctica y cuantitativa, esos conceptos.

En este trabajo se utilizó el esquema de clasificación de deslizamientos y terminología obtenida de diferentes fuentes de consulta, y especialmente inspirada en la metodología de Varnes (1978, 1984).

En la estimación de los factores antrópicos que influyen en los movimientos en masa por deslizamientos se consideró la construcción de la vía, las sobrecargas en los taludes y los deslizamientos producidos por el cambio de pendiente, teniendo en cuenta la probabilidad espacio-temporal y la intensidad de que se produzca un movimiento y, también, el análisis de los elementos afectables.

Estas metodologías se basan, principalmente, en la aparición de los deslizamientos influyen factores muy diversos, que en la mayoría de los casos son bastante difíciles de modelizar.

Entre dichos factores se incluyen los factores desencadenantes (originan la inestabilidad) como son: sismicidad, incisión fluvial, precipitaciones o actividad humana (Factores Antrópicos; y los condicionantes (favorecen la inestabilidad) entre los que cabe destacar: geometría, saturación de agua, geología, vegetación, etc.

Los mapas así generados sólo son extrapolables a otras zonas siempre y cuando en ese territorio se produzca el mismo tipo de movimiento y bajo unas condiciones (de variables) determinadas, similares a las que se utilizaron para generar dichos mapas.

Los resultados que ofrecen los mapas generados para determinar la influencia de las actividades antrópicas a movimientos en masa, proporciona información de los lugares donde influyen de manera directa para que se produzcan los diferentes tipos de movimientos en masa, pero existen aún ciertas incertidumbres que se deben resolver, y que permitiría mejorar la información existente.

Los deslizamientos pueden ser modelizados mediante modelos físicos y estadísticos. La búsqueda de correlaciones estadísticas entre factores condicionantes (vegetación, litología, pendiente, etc.) o desencadenantes (precipitaciones, sacudidas sísmicas, actividad humana, antrópica, etc.) y la ocurrencia de los procesos, permite generar mapas de influencia de actividad antrópica a los deslizamientos.

Evidentemente, la capacidad predictiva de los mapas depende de la calidad de las variables independientes. En este sentido, se está trabajando en el análisis de la influencia de la exactitud/resolución de las variables del terreno en la calidad de la predicción.

La modelización de la progresión de la masa deslizada suele abordarse mediante los modelos dinámicos aplicados a deslizamientos; y en caídas de rocas, donde se han desarrollado programas informáticos específicos

(Eurobloc, Rockfall, Rotomap, etc..) que simulan las posibles trayectorias seguidas.

Dicho estudio permitió el desarrollo de un mapa que representa en que porcentajes este influyendo las actividades antrópicas a la ocurrencia a movimientos en masa y de esta manera proponer medidas o acciones de previsión y prevención necesarias con el fin de preparar a la población ante las amenazas FRM.

El riesgo aquí se afronta desde un punto de vista social, de forma que se diferencian las sociedades más expuestas al riesgo. A pesar de su carácter cualitativo, este trabajo permitió desarrollar de medidas de previsión y prevención ante la amenaza en las zonas más vulnerables.

6. CONCLUSIONES

Mediante el estudio realizado desde el Km 35+000 al 53+500 en la vía Loja – Zamora, en base a los resultados obtenidos a través de las diferentes metodologías utilizadas se concluye lo que a continuación se describe:

- En el presente estudio se localizó 31 movimientos en masa en la vía Loja-Zamora, en el tramo comprendido entre Sabanilla- Zamora entre

ellos tenemos: deslizamientos traslacionales en mayor proporción(14), deslizamientos rotacionales(3), avalancha de detritos(2), avalancha de escombros(3), avalancha de tierra(1), flujo de detritos(1), flujo de escombros(2), flujo de escombros y deslizamiento planar(1), desprendimiento de rocas y suelos(1). Los mismos que se presentan en las siguientes unidades geológicas. En la Unidad Chiguinda se presentan principalmente flujos y avalanchas de detritos (análisis de las fotografías aéreas) y deslizamientos. En la Unidad Gneis de Sabanilla se tienen flujos de detritos, deslizamientos traslacionales y rotacionales. En el Terreno Zamora tenemos presencia de deslizamientos traslacionales y un deslizamiento rotacional.

- El mapa de inventarios a movimientos en masa delimita áreas en donde deben llevarse estudios más a detalle; evalúa las condiciones de inestabilidad en el trazado de la carretera. La principal utilidad es contar con una base de información respecto a la presencia de movimientos en masa la misma que corresponde a un periodo de un determinado tiempo; y no detalla las condiciones en un futuro de su inestabilidad.
- En vía Loja-Zamora en tramo comprendido entre Sabanilla- Zamora, los factores condicionantes y desencadenantes a los movimientos en masa en el sector de estudio son las precipitaciones pluviométricas intensas, las pendientes, la naturaleza del suelo, la litología, cargas y sobrecargas en los taludes y la construcción de la vía
- Con los factores condicionantes y desencadenantes, se obtuvo un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa mediante un sistema de información geográfica (SIG), aplicando el Arc Gis 9.2. en el presente estudio, el análisis de susceptibilidad nos determino que la zona de mayor susceptibilidad a movimientos en masa se localizan en la parroquia Sabanilla, de acuerdo a su litología, pendientes y precipitaciones

- La relación de la vulnerabilidad socio-económica y física a los movimientos en masa del sector de estudio, generó un mapa de vulnerabilidad físico-socioeconómico, en el cual la mayor vulnerabilidad se localiza alrededor de los centros poblados debido que la mayor incidencia se da en los mismos por las actividades que se realizar, que en un lugar de menor o escasa población.
- Mediante el análisis de los diferentes factores antrópicos se obtuvo el mapa de influencia de las antrópicas a los movimientos en masa, el cual indica que el 86% de los movimientos en masa presentes en la vía son causados por el hombre y la falta de estudios al momento de realizar la vía de primer orden dejando un inadecuado ángulo de reposo natural, y al efectuar las actividades agrícolas y ganaderas, ocasionan los diferentes tipos de movimiento.
- Las medidas de previsión y prevención son las más viables para el presente estudio y de acuerdo a la incidencia de las actividades antrópicas, tales como drenajes superficiales, cunetas de coronación, terraceo, y remoción de la corona para evitar perdidas humanas, económicas y ambientales por encontrarse en una área ecológica que necesita ser conservada.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar un trabajo de gabinete, estableciendo las metodologías, que se utilizar para el llenado de las fichas en campo y así la información que se obtenga sea confiable, de fácil manejo y comprensión.
- El mapa de inventario realizado en la vía debe ser actualizado de forma permanente con la finalidad de mantener un control de los movimientos en masa existentes, debido a que desde el inicio de misma ha venido ocasionando este tipo inconvenientes dejando la Ciudad de Zamora incomunicada, causando problemas de pérdidas humanas y económicas.
- Planificar un estudio a detalle de carácter geotécnico de los diferentes movimientos en masa, para diseñar las medidas correctivas y de esta manera proponer soluciones a largo plazo.
- Utilizar sistemas de información geográfica adecuada, con la finalidad de que la calidad de la información preliminar sea lo más real posible, para que al momento de ser corroborada en el campo, se realice las modificaciones necesarias y poder lograr el mapa final.

- Para los estudios de movimientos en masa se recomienda realizar una valoración vulnerabilidad socio-económica y física, para determinar la afectación directa que producen los movimientos en masa a la población.
- Al realizar un estudio de las influencia de los factores antrópicos a los movimientos en masa, se debe realizar una difusión adecuada de las medidas de previsión y prevención de los factores condicionantes y desencadenantes, para así exista una concientización de la población para evitar pérdidas de vidas humanas y económicas.
- Difundir el Estudio de Impacto Ambiental, a las parroquias que se encuentran en la zona de influencia a la construcción de la Carretera Loja- Zamora.
- Aplicar medidas del Plan de Manejo Ambiental; por parte de la empresa constructora.

8. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Ambalagan R. (1992) "Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain". Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 861-871.
- Asian Technical Committee on Geotechnolgy for natural Hazards in ISSMFE (1997), "Manual for zonation on areas susceptible to rain induced slope failure". Japanese Geotechnical Society. 81 p.
- Bergren B. , Fallsvik J., Viberg L. (1992) "Mapping and evaluation of landslide risk in Sweden" Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 873-878.
- Brabb, E.E. (1978), "Analyzing and portraying geologic and cartographic information for landuse planning", mergency response and Decision making in San Mateo country, California. In Proc., SIG'87, San Francisco, California, American Society of photogrammetry and remote sensing, falls church, Virginia, pp 362-374.
- Brabb, E.E. (1984), "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". In proc., fourth international symposium on landslides, Canadian.

- Brabb, E.E., Guzzetti F., Mark R., Simpson R.W. (1989). "The extent of landsliding in Northern new Mexico and similar semi-arid regions". In *Landslides in a semi-Arid Environment* (P.M. Sadler and D.M. Morton, eds), Inland Geological Society, University of California, Riverside, Vol. 2, pp 163-173.
- Burrough, P.A. (1986), "Principles of Geographical Information Systems and Land Resources Assessment". Clarendon Press, Oxford, England, 194 pp.
- Carrara A. (1983), "Multivariate models for landslide hazard evaluation". *Mathematical Geology*, Vol. 15, No. 3, pp 403-427.
- Corominas, J., 1989, Clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera, *en* Corominas, ed., *Estabilidad de taludes y laderas naturales*: Zaragoza, Sociedad Española de Geomorfología, p. 1–30.
- Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., 1997, Terminología de los movimientos de laderas, *en* *Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*, Granada, España, p. 1051–1072.
- Crozier, M.J., y Glade, T., 1999, Frequency and magnitude of landsliding: Fundamental research issues, *en* *Memorias, International Conference on Geomorphology*, Bologna, p. 141–155.
- Crozier, M.J., y Glade, T., 2005, Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, *en* Glade, T., et al. ed., *Landslide hazard and risk*: Chichester, England, John Willey & Sons, p. 2–40.
- Cruden, D. M., 1991, A Simple definition of a landslide: *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, v. 43, p. 27–29.

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, *en* Turner, K., y Schuster, R.L., ed., *Landslides investigation and mitigation*: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Finlay P.J., Mostyn, G.R., Fell, R. (1997) “ Vulnerability to landsliding”. Paper submitted to the Quarterly Journal of Engineering Geology. Geotechnical Society, Toronto, Canadá, vol. 1, pp. 307-324.
- García Yagué, A., 1966, Contribución para la clasificación de los movimientos de terreno: *Revista de Obras Públicas*, p. 995–1003.
- Glade, T y Crozier, M.J., 2005, The nature of landslide and hazard impact, *en* Glade, T., et al. ed., *Landslide hazard and risk*: Chichester, England, John Willey & Sons, p. 43–75.
- Hungr, O., 2005, Classification and terminology, *en* Jakob, M., y Hungr, O., ed., *Debris flow hazard and related phenomena*: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.
- Hungr, O., Morgan, G.C., y Kellerhals, R., 1984, Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measure: *Canadian Geotechnical Journal*, v. 21, p. 663–667.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: *Environmental and Engineering Geoscience*, v. 7, p. 22–238.

- Hungr, O., Rawlings, G., y Evans, S.G., 2004, The occurrence and classification of massive rock slope failure: Felsbau, Vienna, Austria, v. 22, p. 16–23.
- International Association of engineering geology (IAEG) (1976). “Engineering Geological maps: A guide to their preparation”. UNESCO. Press, Paris, 79 p.
- IUGS Working Group on Landslides, Committee on Risk Assessment (1997) “Quantitative risk assessment for slopes and landslides – The state of the art”. Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 3-12
- Leroi, E. (1996) “Landslide hazard – Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments”. Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides. Trondheim, pp. 35-51.
- Leroueil S., Locat, J. – (1996) “Geotechnical characterization of slope movements”. Proceedings of the Seventh International Symposium on Landslides. Trondheim, pp. 53-71.
- Liener, S., Kienholz, H. , Liniger, M. , Krummenacher, B. (1996) “Slidisp – A procedure to locate landslide prone areas”. Proceedings of the seventh International Symposium on landslides. Trondheim, pp. 279-284.
- Morgenstem, N.R. (1997) “Toward landslide risk assessment in practice” Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment. Honolulu, Hawaii, USA, pp. 15-23.
- Mora S, Vahrson, W. (1993). “Macrozonation methodolgy for landslide hazard determination”, Bull. Intl. Ass. Eng. Geology.

- Newman E.B., Paradis A.R., Brabb EE., (1978). "Feassibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Francisco Bay region, California, Bulletin 1443. U.S.
- Varnes, D. J., 1958, Landslides types and processes, *en* Eckel, E.B., ed., Landslides and engineering practice, Special Report 28: Washington, DC, Highway Research Board, National Academy of Sciences, p. 20–47.
- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, *en* Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academyj Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9–33.
- Varnes D.J. (1984) "Landslide hazard Zonation " A Review of Principles and practice. UNESCO Press, París 63 p.
- Vaunat, J., Leroueil, S. , Tavenas, F. (1992) "Hazard and risk analysis of slope stability". First Canadian Symposium on Geotechnique and Natural Hazard, Vancouver, pp. 397-404.

Tesis:

- Correa, C.(2007) "Análisis de la susceptibilidad de los fenómenos de remoción en masa de la carretera Loja - Zamora", Quito.
- Abad K.(2006) "Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja."

9. ANEXOS

