



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA DE LA ENERGÍA, INDUSTRIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA**  
**AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.**

**“ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA QUE PERMITAN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD DE VICTORIA DE LOJA”.**

Tesis de obtención Ingeniero Ambiental Territorial.	Grado previo a la del Título de Geología y Ordenamiento
---	---

**AUTORAS:**

*Azucena Ondina Villalta Castillo*  
*María Paola González Capa*

**DIRECTOR DE TESIS**

*Ing. David Vicuña Merino*

**LOJA – ECUADOR**  
**2011**



**TEMA**

**“ZONIFICACION DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA QUE PERMITAN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA URBANIZACION CIUDAD VICTORIA DE LOJA”**



## **CERTIFICACIÓN**

Loja 21 de Octubre del 2011

Ing. David Vicuña Merino, Director de tesis de grado que versa: **“ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA QUE PERMITAN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD VICTORIA DE LOJA”**

CERTIFICO:

Que el presente trabajo ha sido realizado por las Sras. Egresadas Azucena Ondina Villalta Castillo y María Paola González Capa, bajo mi dirección y asesoría; por lo que luego de haber revisado los borradores y cumplidas las sugerencias y observaciones autorizo su presentación correspondiente para el estudio por parte del tribunal competente y consecuente para la sustentación pública dado que cumple con las disposiciones reglamentarias de graduación que exige la Universidad Nacional de Loja.

Ing. David Vicuña Merino  
DIRECTOR DE TESIS



## **AUTORIA**

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: **“ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA QUE PERMITAN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD VICTORIA DE LOJA”**, son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

Azucena Ondina Villalta Castillo

María Paola González Capa



## **AGRADECIMIENTO**

Nuestros sinceros agradecimientos van dirigidos primeramente a Dios por haber guiado nuestros pasos en cada momento de nuestra vida, el habernos dado la luz, sabiduría y perseverancia para poder culminar nuestra carrera con éxito.

Los resultados de este proyecto, están dedicados a nuestras familias por siempre brindarnos su apoyo y confianza. Pero, principalmente nuestros agradecimientos están dirigidos a todos quienes forman parte de la Universidad Nacional de Loja, en especial a nuestros queridos profesores de la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial a quienes les debemos gran parte de nuestra gratitud, ya que nos han compartido su enseñanza con paciencia y dedicación.

Un especial agradecimiento a nuestro Director de Tesis Ing. David Vicuña, por la ayuda brindada, en la elaboración y corrección del proyecto.



## **DEDICATORIA:**

El presente trabajo lo dedico a Dios por la vida que me da, mi amado esposo Fernando y mis queridas hijas Fernandita y María Emilia que son mi felicidad y mi razón de vivir, a mis padres maravillosos que me supieron guiar por el camino del bien y siempre me dan su amor y su apoyo, a mis tíos que siempre han sido como mis padres, que me ayudado incondicionalmente, a mis hermanos por su apoyo y cariño constante.

Azucena Ondina

Quisiera dedicar este proyecto de tesis, en mi primer lugar a mi Padre Celestial, quien es el amigo incondicional en mi vida, el cual ha llenado de amor mi corazón, dándome la tranquilidad y fuerza para el cumplimiento de cada una de las metas que me he planteado. A mis padres y hermanos, los cuales siempre me han apoyado, dándome consejos, fuerzas, apoyo y confianza y en especial a mi hijo que amo mucho Juan Elías quien es la razón de mi vida; el esfuerzo que realizo y dedicación es en virtud de ellos.

María Paola



<b><u>INDICE</u></b>	<b>Pág.</b>
<b>TEMA</b> .....	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>AUTORIA</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>VI</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>IX</b>
<b>INDICE DE GRAFICOS</b> .....	<b>X</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>X</b>
<b>INDICE DE FOTOS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XIII</b>
<b>SUMARY</b> .....	<b>XIV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Movimientos en Masa</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.1 Clasificación de los Movimientos en Masa</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Factores que influyen en los Movimientos en Masa</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Información para el Análisis de Amenazas</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.1 Susceptibilidad a Movimientos en Masa</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.2 Amenaza por Movimientos en Masa</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.3 Ordenamiento Territorial</b> .....	<b>11</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Materiales</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Métodos</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3 Metodología</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3.1 Metodología para Objetivo 1</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3.2 Metodología para Objetivo 2</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3.3 Metodología para Objetivo 3</b> .....	<b>20</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 Descripción del Área de Estudio</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.1 Medio Físico</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.1.1 Ubicación</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1.1.2 Accesos</b> .....	<b>24</b>



4.1.1.3 Topografía.....	25
4.1.1.4 Hidrología .....	25
4.1.1.5 Clima .....	26
4.1.1.6 Suelo .....	26
4.1.2 Medio Biótico .....	27
4.1.2.2 Flora.....	27
4.1.2.3 Fauna.....	27
4.1.3 Medio Socio Económico .....	28
4.1.3.1 Medio socio-económico de la ciudad de Loja	28
4.1.3.2 Medio socio-económico de sector de estudio	29
4.1.3.3 Proyecto de Urbanización.....	31
4.2 Análisis de los Factores Condicionantes .....	33
4.2.1 Geología General .....	33
4.2.2 Geología Local .....	36
4.2.2.1 Estratigrafía .....	47
4.2.2.2 Mineralización .....	49
4.2.2.3 Geología Estructural.....	50
4.2.3 Pendientes .....	59
4.2.4 Inventario de Movimientos en Masa .....	60
4.2.5 Geomorfología .....	67
4.2.6 Geotecnia .....	70
4.2.7 Uso de Suelo .....	79
4.2.7.1 Uso Actual del Suelo .....	79
4.2.7.2 Cobertura Vegetal .....	82
4.3 Análisis de los Factores Condicionantes.....	85
4.3.1 Precipitación .....	85
4.3.2 Sismicidad.....	87
4.4 Zonificación de Amenazas Geológicas .....	90
4.4.1 Análisis de Susceptibilidad a Movimientos en Masa .....	90
4.4.2 Análisis de Amenaza a Movimientos en Masa.....	93
5. DISCUSION .....	95
6. CONCLUSIONES .....	97
7. RECOMENDACIONES .....	99



<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>101</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

### INDICE DE CUADROS

<b>Nro</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
1	Materiales de campo, laboratorio y gabinete.....	13
2	Pesos asignados para Movimientos en Masa.....	21
3	Pesos asignados para Pendientes.....	21
4	Pesos asignados para Litología .....	22
5	Pesos asignados para Geotecnia.....	22
6	Pesos asignados Cobertura Vegetal.....	22
7	Pesos asignados para Precipitaciones.....	22
8	Pesos asignados para Sismicidad.....	23
9	Indicadores Socio – Económico de la ciudad de Loja.....	28
10	Ingresos.....	29
11	Residencia.....	29
12	Edad .....	29
13	Procedencia.....	30
14	Grupo Familiar.....	30
15	Instrucción.....	30
16	Ocupación.....	31
17	Esquema Estratigráfico de la Hoya de Loja.....	48
18	Componentes Mineralógico de Rocas Alteradas .....	49
19	Clasificación utilizada para elaborar el Mapa de Pendientes.....	59
20	Clasificación utilizada para elaborar el mapa Geomorfológico .....	68
21	Resultado de Análisis Mecánico de Suelos.....	70
22	Resultado de Análisis Geotécnico de Suelo.....	71
23	Resultado de Geotécnico de análisis de Arenisca.....	73
24	Resultado de Análisis Geotécnico de Conglomerado.....	74
25	Resultado Geotécnico de Análisis de Arcillolita.....	74
26	Resultado Geotécnico de Análisis de Lutita .....	74
27	Caracterización Geomecánica en Afloramiento 1.....	75
28	Caracterización Geomecánica en Afloramiento 6.....	76
29	Caracterización Geomecánica en Afloramiento 8.....	76
30	Caracterización Geomecánica en Afloramiento 9.....	77
31	Calidad de Rocas del área de estudio.....	78
32	Tipos del uso actual del suelo en el área de estudio.....	79
33	Tipos de Cobertura Vegetal en el área de estudio.....	82
34	Tipos de Precipitación en el área de estudio .....	86



35	Registro de Sismos ocurridos en la Provincia de Loja .....	88
36	Postulado 1 formulado por Hays en 1990.....	89
37	Postulado 2.1 formulado por Hays en 1990.....	89
38	Postulado 2.2 formulado por Hays en 1990.....	90
39	Grados de Susceptibilidad.....	91
40	Cuadro resumen del análisis de la susceptibilidad.....	92
41	Grados de Amenaza.....	94
42	Cuadro resumen del análisis de la amenaza.....	95

## INDICE DE GRÁFICOS

Nro	DE GRÁFICOS	CONTENIDO	Pág.
1	Representación Gráfica de las Pendientes.....		60
2	Perfil Topográfico de M1.....		61
3	Perfil Topográfico de M2.....		62
4	Perfil Topográfico de M3.....		64
5	Perfil Topográfico de M4.....		65
6	Perfil Topográfico de M5.....		67
7	Representación Gráfica de la Geomorfología .....		68
8	Representación Gráfica de la Geotecnia .....		78
9	Representación Gráfica del Uso del Suelo .....		79
10	Representación Gráfica de la Cobertura Vegetal .....		82
11	Distribución Anual de Lluvia en la ciudad de Loja.....		85
12	Precipitación Media (1999 – 2009) de Estaciones Meteorológicas .....		86
13	Representación Gráfica de Precipitación de la zona de estudio.....		87

## INDICE DE FIGURAS

Nro	CONTENIDO	Pág.
1	Método para la Determinación de Amenazas Geológicas.....	14
2	Plano de emplazamiento de los lotes para la Urbanización .....	32

## INDICE DE FOTOS

Nro	DE FOTOS	CONTENIDO	Pág.
1	Estación Trimble 5600 .....		13
2	Levantamiento Topográfico de la zona de estudio.....		15
3	Determinación de azimut y buzamiento.....		16
4	Movimiento de Masa.....		17
5	Muestra de Conglomerado.....		18
6	Delimitación de áreas para uso de suelo.....		19
7	Topografía del sector de estudio.....		25



8	Quebrada Las Pavas en el margen N.....	25
9	Afloramiento 1 en el margen O.....	37
10	Afloramiento 2 en el margen S .....	37
11	Afloramiento 3 en el margen S .....	38
12	Afloramiento 4 en el margen E .....	38
13	Afloramiento 5 en el margen E .....	38
14	Afloramiento 6 en el margen S .....	39
15	Afloramiento 7 en el margen O.....	40
16	Afloramiento 8 en el margen O.....	40
17	Afloramiento 9 en el margen N.....	41
18	Calicata 1 en el margen O.....	41
19	Calicata 2 en el margen O.....	42
20	Calicata 3 en el margen E.....	42
21	Calicata 4 en el margen N.....	42
22	Muestra de Arenisca Carbonatada en el margen O.....	42
23	Muestra de Arenisca de Lutita en el margen E.....	44
24	Muestra de Arenisca Glauconítica en el margen O.....	44
25	Muestra de Lentes Microconglomerado en el margen S.....	45
26	Muestra de Arcillolita en el margen O.....	45
27	Muestra de Deposito Coluvial en el margen O.....	46
28	Muestra de Sedimentos Aluviales en el margen S.....	47
29	Muestra de Suelos Residuales en el margen S.....	47
30	Muestra de Arenisca Glauconítica en el margen S .....	51
31	Calicata 1 en el margen O.....	51
32	Afloramiento 8 en el margen O.....	52
33	Anticlinal en el margen O.....	53
34	Anticlinal en el margen S.....	54
35	Zanja en el margen O .....	54
36	Movimiento en Masa en el margen S.....	55
37	Zanja en el margen O.....	55
38	Vías en el margen O .....	56
39	Viviendas en el margen O .....	56
40	Fractura en el margen O.....	57
41	Fractura en el margen N.....	57
42	Falla Normal en el margen O.....	57
43	Microfalla Inversa en el margen O.....	58
44	Movimiento 1 en el margen E.....	60
45	Movimiento 2 en el margen S.....	62
46	Movimiento 3 en el margen O.....	63
47	Movimiento 4 en el margen S.....	65



48	<b>Movimiento 5 en el margen.....</b>	<b>66</b>
49	<b>Muestra de suelo en el margen N .....</b>	<b>71</b>
50	<b>Grietas en el margen N .....</b>	<b>72</b>
51	<b>Grietas en el margen N.....</b>	<b>72</b>
52	<b>Grietas en el margen N.....</b>	<b>72</b>
53	<b>Grietas en el margen O.....</b>	<b>72</b>
54	<b>Grietas en el margen S .....</b>	<b>73</b>
55	<b>Urbanización Ciudad Victoria.....</b>	<b>80</b>
56	<b>Áreas Verdes en el margen O.....</b>	<b>80</b>
57	<b>Cultivos en el margen S.....</b>	<b>81</b>
58	<b>Ganado Vacuno en el margen N.....</b>	<b>81</b>
59	<b>Infraestructura en el margen E .....</b>	<b>83</b>
60	<b>Complejo Pasto – Árbol en el margen S .....</b>	<b>83</b>
61	<b>Cultivos de Maíz en el margen S.....</b>	<b>84</b>
62	<b>Zonas Denudadas en el margen O .....</b>	<b>84</b>



## RESUMEN

La ciudad de Loja, ubicada al Sur de los Andes Ecuatorianos, presenta una topografía irregular la cual se ha visto modificada por el acelerado proceso de urbanización, en donde los asentamientos poblacionales se han volcado predominantemente al costado occidental de la ciudad y cuyo uso de suelo no corresponde al proceso de crecimiento físico-espacial, con ciudadelas, urbanizaciones y lotizaciones que ocupan superficies calificadas como no urbanizables, tanto por limitaciones geológicas, geotécnicas o topográficas, como por su interés natural.

El área de estudio al estar localizada en una zona expuestas a diversos tipos de movimientos de masa debido a varios factores de orden geográfico y geológico, determinan las zonas susceptibles. Las estructuras geológicas como fracturas, fallas y microfallas presentes en el sector y la presencia de rocas sedimentarias blandas de baja resistencia y muy meteorizadas inciden de manera significativa para la generación de deslizamientos de gran magnitud con desplazado de volumen de entre 100 y 1000<sup>3</sup>. Además el terreno compuesto de suelos areno blandos, arcillosos y de resistencia baja, han sido la causa principal para la generación de grietas en vías y viviendas del sector.

Los aportes de agua son considerados como el factor presente en la ocurrencia de movimientos, pues estos alteran las propiedades físico mecánicas de suelos y roca; es así que se analizó el rango de precipitaciones para la zona de estudio, el cual determinó que llueve entre 800mm a 1200 mm/año, siendo enero-abril el período más lluvioso, lo cual influye significativamente para la generación de movimientos en masa.

En base a las características que presenta la Urbanización “Ciudad Victoria” considerados como factores condicionantes, la intervención antrópica y factores meteorológicos estimados como factores desencadenantes, se evidencian movimientos de masa que ponen en riesgo la vida de los habitantes del sector. Factores analizados que permitieron establecer grados de susceptibilidad y amenaza para evitar pérdidas humanas, económicas y ambientales.



## SUMARY

The city of Loja, located to the South of the Ecuadorian Andes, presents an irregular topography which has been modified by the quick urbanization process where the populational establishments have been overturned predominantly to the western side of the city and whose floor use doesn't correspond to the process of physical-space growth, with citadels, urbanizations and lotizaciones that occupy qualified surfaces as non urbanizables, so much for geologic limitations, geotécnicas or topographical, like for its natural interest.

The study area to be located in an area exposed to various types of mass movements due to various factors in geography and geology, determine areas susceptible. Geological structures such as fractures, faults and microfallas present in the sector and the presence of soft sedimentary rocks of low resistance and very weathered significantly affect the generation of large-scale landslides with volume shifted between 100 and 1000m<sup>3</sup>. In addition the ground floor consists of soft sand, clay and low resistance, have been the main cause for the generation of cracks in roads and housing sector.

The contributions of water are considered as the factor in the occurrence of movements, as these alter the mechanical and physical properties of soil and rock so that analyzed the range of rainfall for the area of study, which found that rainfall between 800mm 1200 mm / year, from January to April being the rainiest period, which significantly influences the generation of mass movements.

Based on the features found in the urbanization "Ciudad Victoria" considered as conditioning factors, intervention estimated anthropogenic and meteorological factors as triggers, are evidence of mass movements that threaten the lives of the inhabitants of the area. Factors analyzed that allowed establishing degrees of susceptibility and threatens to stop to avoid loss of life, economic and environmental.



## 1. INTRODUCCION.

“Todos los fenómenos que contribuyen a que se produzcan movimientos de masa forman parte del natural equilibrio geológico y que puede romperse con la actividad constructiva o destructiva del hombre. De esta manera, el ser humano contribuye a provocar o acelerar estos fenómenos. Esto sucede cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación en desarrollos urbanísticos, rellenos mal hechos, cortes en el perfil natural de laderas, deforestación, entre otros”.

En muchos casos los asentamientos son establecidos al margen del Plan de Desarrollo Urbano, en sitios de mala respuesta, como rellenos sin compactar, laderas inestables y planicies de inundación. Allí generalmente se realizan cortes en las laderas y movimientos de tierra sin asesoría técnica, muchas veces fuera del marco legal, con ausencia de sistemas para un drenaje de aguas servidas y donde es característico la deficiente práctica constructiva, además del uso de materiales de construcción de mala calidad”<sup>1</sup>.

“El primer plan regulador de la ciudad de Loja (1960), a pesar de haber sido elaborado teniendo como horizonte el año 2010, rápidamente perdió vigencia por el ritmo de crecimiento de la población, por lo que en el período de mayor expansión de la ciudad (década de los años 70) fue prácticamente inexistente la planificación urbana. El Plan de Desarrollo Urbano Rural de Loja (1986) no fue un referente para el crecimiento de la ciudad, ya que éste quedó librado a la iniciativa de la población que necesitaba vivienda y a constructores privados que buscaban dar rentabilidad a sus inversiones, ello condujo a que las normas no se cumplieran y se utilizó el suelo de acuerdo a criterios no técnicos, ocasionando problemas de riesgos urbanos, de salud, entre otros. Pues la ocupación del suelo no se corresponde con los usos recomendados desde el punto de vista técnico”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>Barberena Pares, Isabel M, 2000. “Manual práctico de planificación urbana para la Zonificación.

<sup>2</sup>Dirección de Planificación Municipal. , 2006, Referencias del área urbana.



La ciudad de Loja está afectada fundamentalmente por fenómenos relacionados con los suelos poco estables donde se asienta la ciudad, hecho que se evidencia en un gran número de obras de infraestructura que se encuentran afectadas por deslizamientos, hundimientos y flujos de lodo, que en ciertas zonas de la ciudad son bastante frecuentes. Los tipos de movimientos de masa que ocurren dentro de la hoya de Loja son muy complejos, lo cual se evidencia en el grado de afectación de algunas obras de infraestructura que se han construido recientemente en la ciudad.

El proceso de ocupación desordenada de áreas urbanas tiene importancia directa sobre la ocurrencia de movimientos en masa, los que están asociados con los cortes indiscriminados de taludes, rellenos sobre laderas de alta pendiente, fugas incontroladas en ductos de agua y descargas directas de aguas domésticas y aguas lluvias.

En este contexto y luego de un análisis relacionado a la ocurrencia de los movimientos en masa presenciados en nuestra ciudad, se ha creído necesario el desarrollo del tema de Tesis denominado **“ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA QUE PERMITAN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD VICTORIA DE LOJA”**; asunto de gran importancia y relevancia que permitirá evitar desastres y pérdida de vidas humanas, económicas y ambientales.

El proyecto de tesis partió de la revisión bibliográfica, la cual permitió entender la base de la información referida a la ocurrencia de Amenazas Geológicas por movimientos en masa. Seguidamente se realizará el levantamiento de la información de campo, que corresponde a generar una línea base de la zona de estudio, la cual comprende la localización específica del sector, topografía, geología, clima, vegetación, hidrología y uso del suelo; la misma que permitirá determinar las causas y consecuencias generadas como producto de la ocurrencia de estos fenómenos.

Para la obtención de los resultados, se realizó varias visitas de campo según el cronograma planificado en la zona de estudio, que permitieron levantar la



información necesaria para el análisis de cada una de las temáticas abordadas en el tema de Tesis. El trabajo de gabinete finalmente permitió organizar la información para la realización de cada uno de los mapas y de esta forma cumplir con los objetivos planteados.

El determinar la discusión permitió definir los problemas a los que está sometida la zona de estudio, debido a su ubicación, condiciones geológicas, geomecánicas, meteorológicas e hidrogeológicas, y antrópicas para afectar las condiciones de vida de sus habitantes.

Finalmente se presenta las Conclusiones y Recomendaciones correspondientes al proyecto, las cuales estarán orientadas a la delimitación de Zonas de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa para poder evitar pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Para el presente proyecto se han planteado los siguientes objetivos:

### **Objetivo General.**

Determinar las zonas de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa a través del análisis de factores condicionantes y desencadenantes que permitan el Ordenamiento Territorial de la Urbanización “Ciudad Victoria” para disminuir los daños ambientales, económicos y pérdidas de vidas humanas.

### **Objetivos Específicos.**

- ❖ Caracterizar y analizar los factores condicionantes que intervienen para la generación de movimientos en masa en la zona de estudio.
- ❖ Identificar los factores que desencadenan los movimientos en masa para el análisis de la ocurrencia de movimientos en masa en el sector de estudio.
- ❖ Definir las zonas de amenazas geológicas por movimientos en masa que permitan el Ordenamiento Territorial Urbano del área de estudio.



## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 Movimientos de Masa.

Según Varnes, “Los movimientos de masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que intervenga un medio de transporte, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras”<sup>3</sup>

#### 2.1.1 Clasificación de Movimientos de Masa.

Varnes y Hutchinson proponen la siguiente clasificación modificada de movimientos de masa.

- **Caída.**

Una caída se inicia con el desprendimiento de suelo o roca en una ladera muy inclinada. El material desciende principalmente a través del aire por caída, rebotando o rodando. Ocurre en forma rápida sin dar tiempo a eludirlas.

- **Volcamiento.**

Consiste en el giro hacia delante de una masa de suelo o roca respecto a un punto o eje debajo del centro de gravedad del material desplazado, ya sea por acción de la gravedad o presiones ejercidas por el agua.

- **Deslizamiento**

Un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte y se puede presentar de dos formas:

---

<sup>3</sup>Varnes., 1978, Hutchinson.,1988, Hungr et al., 2001, Slope movement types and processes



*Deslizamiento Rotacional.*- Los desplazamientos ocurren o tienen lugar a lo largo de una superficie de ruptura de forma curva o cóncava.

*Deslizamiento Traslacional.*- Consiste en el desplazamiento de una masa a lo largo de una superficie de ruptura de forma plana u ondulada.

- **Flujo.**

Se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, alcanzando gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga.

- **Reptación.**

Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas".

## **2.2 Factores que influyen para la generación de los Movimientos de Masa.**

Según Corominas, “Los factores que inciden para que se produzcan los deslizamientos son: la topografía, geología, las condiciones hidrogeológicas, comportamiento hídrico, erosión, sismicidad y factores antrópicos”<sup>4</sup>

- **Topografía y geomorfología.**

Ciertos movimientos en masa necesitan ciertos valores máximos para poderse desarrollar en una zona. Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada y desprovista de vegetación.

---

<sup>4</sup>Corominas., 2003. Integrated Landslide Susceptibility Analysis and hazard Assessment.



- **Geología.**

Condiciona directamente las cualidades geotécnicas del material y la estructura de la ladera. Tipo de roca o suelo, grado de cementación, estructuras.

*Estratificación.*- La orientación de los estratos juega un papel importante ya que al estar dispuestos en la misma dirección que la ladera, es mucho más probable la ocurrencia de los movimientos de masa.

Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos.

Diferentes materiales reaccionan en manera diferente a cambios de su situación física (contenido de agua, aceleración sísmica entre otros.) que está relacionado en algunas situaciones con la pérdida de su estabilidad.

*Estructuras.*- En los suelos, la litología, estratigrafía y las condiciones hidrogeológicas determinan las propiedades resistentes y el comportamiento del talud. En el caso de macizos rocosos competentes el principal factor condicionante es la estructura geológica, la disposición, frecuencia de las superficies de discontinuidad y el grado de fracturación.

*Litología.*- Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos. Diferentes materiales reaccionan en manera diferente a cambios de su situación física (contenido de agua y aceleración sísmica) que está relacionado en algunas situaciones con la pérdida de su estabilidad.

- **Sismicidad.**

Los sismos pueden producir, además de movimiento vibratorio característico, una serie de efectos inducidos que dan lugar a grandes deformaciones y roturas en el terreno, entre estos encontramos los deslizamientos y desprendimientos de rocas. Éstos se relacionan con el comportamiento geológico y geotécnico del terreno.



Los movimientos de laderas no sólo depende del sismo para su generación, sino que requiere que la intensidad sea alta para que éstos deslizamientos y desprendimientos tengan lugar.

- **Condiciones Hidrogeológicas**

El agua que ingresa a través de fisuras, grietas y/ o macroporos del suelo, es retenida por fuerzas moleculares o por fuerzas capilares, saturando dichos poros e ingresando al material rocoso subyacente a través de areniscas y gravas; creando las condiciones favorables para que se originen movimientos de masa.

- **Comportamiento Hidrológico.**

Las lluvias saturan los suelos arcillosos y las rocas meteorizadas o fracturadas, al mismo tiempo que producen inundaciones capaces de erosionar los suelos y las rocas débiles, lo cual se traduce en deslizamientos de laderas, colapso de taludes de carreteras, socavación de pilas, erosión y deslizamientos de terraplenes, colapso total o parcial de importantes puentes, erosión de importantes tramos de carreteras, deslizamientos de viviendas construidas en laderas de suelo o de roca pobre. El factor es la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo.

El clima puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo fomentan la formación y aceleración de los movimientos de masa.

- **Erosión.**

Una roca sana es capaz de resistir todas las consecuencias generadas por los frecuentes fenómenos hidrometeorológicos, pero un suelo arcilloso, limoso o arenoso; un depósito de gravas, una roca meteorizada, una roca alterada, una roca muy fracturada o una roca sedimentaria pobremente cementada siempre serán susceptibles a la erosión, a la saturación y a los deslizamientos, ya que la presencia del agua tiende a deteriorar sus propiedades geomecánicas.



- **Factores Antrópicos.**

Algunos de estos factores son los siguientes: excavaciones, voladuras, sobrecarga, urbanismos, procesos industriales, actividad minera: a cielo abierto y subterránea, cortes al pie de los taludes o laderas, aumento de la sobrecarga en la cresta.

Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son:

*Procesos De Urbanización.*- Los deslizamientos de tierra son un problema muy común en las ciudades construidas en áreas de montaña.

Existe una relación entre la ocurrencia de deslizamientos y la rapidez de los procesos de urbanización, en especial de los desarrollos desordenados. Los casos más graves ocurren en áreas geotécnicamente susceptibles y con desarrollo urbano rápido y desordenado. Las diversas intervenciones del hombre tales como: cortes, rellenos, deforestación, concentración de aguas lluvias y servidas, etc., determinan en buena parte la ocurrencia de deslizamientos.

*Modificación de la topografía.*- La modificación de la topografía del terreno mediante cortes o rellenos puede producir la activación de un deslizamiento. Un corte en un talud produce varios cambios sustanciales en el estado de la formación residual.

Las excavaciones generan cambios topográficos y concentración de fuerzas cortantes y en ocasiones descubren superficies críticas para deslizamiento como estratificación, fracturas y planos de cambio de meteorización.

El fenómeno incluye una relajación de los niveles de esfuerzos a compresión y un aumento de los esfuerzos al corte, una exposición del material meteorizado al aire y a los cambios de humedad, alteración de propiedades por cambios físico - químicos causados por la exposición al aire y a la humedad, y modificación de las presiones negativas en el agua de los poros.



*Rellenos.*- La colocación de rellenos directamente sobre los taludes y generalmente sin compactación o compactados inadecuadamente permiten la sobrecarga de las laderas, la saturación y colapso de los suelos sueltos, facilitando los escurrimientos de suelo, flujo de los suelos sueltos saturados, y formación de cárcavas por erosión.

Los rellenos son generalmente más porosos y menos permeables que los suelos naturales, lo cual genera acumulaciones de agua en los poros. Los rellenos son menos cementados y su estructura más susceptible a deterioro o colapso por eventos sísmicos y el contacto entre el suelo natural y el relleno constituye una línea de debilidad en la cual se concentran los flujos de agua, se generan agrietamientos por diferencia en las características de deformación y comportamiento sísmico. La mayoría de los deslizamientos en rellenos ocurre a lo largo del contacto corte-relleno.

## **2.3 Información requerida para el Análisis de Amenazas a Movimientos en Masa**

### **2.3.1 Susceptibilidad a Movimientos en Masa**

“La susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno y cuya metodología usada para el estudio es un proceso de análisis de los factores que los condicionan”<sup>5</sup>.

“Es así que para el análisis de peligros o amenazas geológicas por deslizamientos, hay que considerar todos los aspectos que puedan relacionarse con el medio y que tengan un indudable protagonismo en la ocurrencia de estos”.

Para esto es necesario elegir un número determinado de factores variables e invariables (litología, tipo de suelo, pendiente del terreno, precipitaciones y vegetación).

---

<sup>5</sup>Ing. Danilo Ortega., 2009 Uso de Sistemas de Información Geográfica.



“Dichos factores se encuentran representados en un conjunto de mapas temáticos. También es necesario disponer de la ubicación, lo más precisa posible, de todos los movimientos en masa existentes en la zona de estudio”.

“Es así que se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable de los factores que pueden producir deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos”.

Una vez zonificadas las áreas susceptibles a movimientos en masa es necesario también el análisis de factores desencadenantes, los cuales permitirán definir finalmente las zonas de peligro o amenaza.

“Actualmente con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se puede realizar el análisis de la susceptibilidad y amenaza de manera sistemática, rápida y eficiente. Ello ha ampliado considerablemente la posibilidad de tratar con grandes bases de datos y realizar cálculos para la estimación de la susceptibilidad que eran inviables en grandes áreas. En este sentido, la posibilidad de regionalizar los análisis de susceptibilidad se ha visto enormemente facilitada con el uso del SIG”.

### **2.3.2 Amenaza por Movimientos en Masa**

“Las amenazas hacen referencia en términos genéricos, a la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino para la sociedad y las vulnerabilidades, a la susceptibilidad de la sociedad de sufrir daños debido a sus propias características particulares. No puede haber amenaza sin vulnerabilidad y viceversa. La relación entre ambos factores es dinámica y cambiante. Estos cambios se deben, tanto a la dinámica de la naturaleza, como a la dinámica de la sociedad”<sup>6</sup>

Las amenazas naturales están indisolublemente ligadas al territorio, razón por la cual, el ordenamiento de éste es una herramienta básica para la prevención de desastres.

---

<sup>6</sup>**Ayala-Carcedo.,** 2002. Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera.



### 2.3.3 Ordenamiento Territorial Urbano en el Ecuador

“En el Ecuador por Acuerdo Ministerial el 6 de octubre de 2003, se expide el Estatuto Orgánico por Procesos del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda), la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial conformada por la Dirección de Ordenamiento Territorial, DOT y Dirección Nacional de Avalúos y Catastros, DINAC”.

“El MIDUVI mediante la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial, tiene entre sus funciones: i) formular políticas y estrategias, normar y regular en materia de ordenamiento territorial y catastros prediales; ii) elaborar planes, programas y proyectos en estos dos sectores; y, iii) proporcionar asistencia técnica a las municipalidades del país en la formulación de planes de ordenamiento territorial y de sistemas catastrales prediales municipales”.

“La identificación y definición de competencias de la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, deberá tomar en consideración la opinión de actores claves conocedores del tema en el país. Se deberá incorporar el posicionamiento actual de la Subsecretaría, en base a la información generada de forma participativa, lo que permitirá trabajar en la propuesta de competencias que a su vez será sustentada por el trabajo que actualmente realiza y por el que a futuro le corresponderá hacer; en un proceso de concertación permanente .se discutirán los resultados tanto al interior del MIDUVI como con la SENPLADES”.

- **Metodología de Ordenamiento Territorial**

“Para el trabajo de la definición de la Metodología de Ordenamiento Territorial en los ámbitos provincial y cantonal, debe tener un enfoque eminentemente participativo con todas las Autoridades, actores claves del desarrollo provincial y cantonal en los ejes económico, social, físico ambiental y político, para obtener instrumentos de planificación territorial sólidamente respaldados por sus habitantes. Superará el tradicional enfoque del ordenamiento físico de las ciudades, pues se ha visto que ello es insuficiente para construir una base de



desarrollo económico y social que permita asegurar la permanencia y vida de la gente en su territorio”

- **Objetivo del Ordenamiento Territorial**

“El ordenamiento territorial busca ser un enfoque y metodología para planificar el desarrollo sostenible en una triple dimensión: económica, social y ambiental, y para gestionar el avance de la sociedad hacia ese modelo de desarrollo. Asimismo, la ordenación del territorio identifica, distribuye y regula las actividades humanas, de acuerdo a criterios y prioridades de un espacio específico”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>Ing. Jorge Gahona., 2010. Ordenamiento Territorial en el Ecuador



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Materiales.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó los materiales de campo, laboratorio y gabinete los mismos que se describen a continuación

**Cuadro 1.** Materiales de campo, laboratorio y gabinete

<b>Materiales de Campo:</b>		<b>Materiales de Laboratorio:</b>	
<b><u>Para el Levantamiento Topográfico</u></b>		•	M
•	Estación Trimble 5600.	•	Mi
•	Un trípode de soporte	•	Po
•	Mojones	•	Ác
•	Metro	•	ido nítrico
•	Libreta de campo	<b><u>Materiales de Gabinete:</u></b>	
•	Espray	<b><u>Hardware:</u></b>	
•	Clavos	•	Un
 <p>Foto 1. Estación Trimble 5600</p>		•	ordenador.
		•	otter HP.
<b><u>Para el Levantamiento Geológico, Caracterización Geotécnica y Geomorfológica.</u></b>		•	Im
•	Carta Geológica de la cuenca de Loja 1:100000	•	presora canon MP140.
•	Mapa Topográfico del área de estudio a escala 1:1000.	<b><u>Software:</u></b>	
•	Estereoscopio	•	Ge
•	Formatos	•	odimeter para ordenar los puntos
		•	re sight para elaborar curvas de nivel.
		•	Pr
		•	ograma AutoCAD versión 2010 para la elaboración del Mapa Topográfico.
		•	Ar
		•	cGis 9.2 para elaborar los mapas temáticos

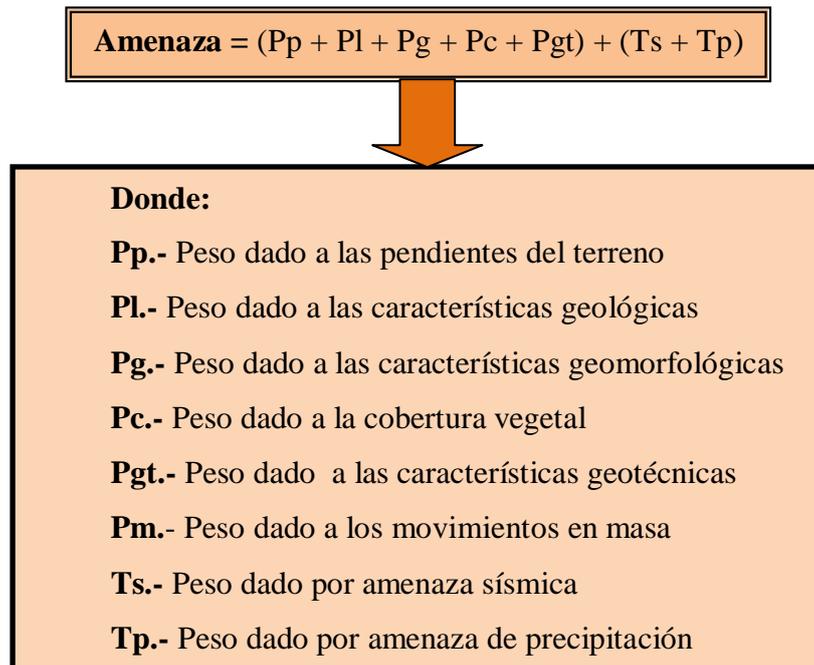


de campo	
•	Brújula
•	GPS
Garmin	
•	Martillo
Geológico	
•	Metro
•	Cámara
fotográfica	
•	Lápiz,
Graduador	

### 3.2 Métodos.

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo a partir de la revisión bibliográfica. Se basó en un estudio descriptivo, a través del método científico y las técnicas de recolección de datos; las que fueron aplicadas al realizar las visitas de campo al área de estudio y al laboratorio, los cuales permitieron adquirir la información necesaria para su identificación, caracterización y análisis de los factores condicionantes y desencadenantes a estudiar.

Finalmente se aplicó el trabajo de gabinete usando el método de Mora y Vahrson 1992, para la obtención del mapa de amenaza total a escala 1:1000, el cual se basa en el análisis de los factores condicionantes (Topografía, Geología, Geomorfología, Geotecnia, Uso del Suelo e Inventario de Movimientos en Masa) para la obtención del Mapa de Susceptibilidad y la interrelación de este con los factores desencadenantes (Precipitación y Sismicidad) para la elaboración de los mapas de amenaza sísmica y de precipitación. El método se basa en la siguiente expresión:



**Figura 1.** Fórmula para la determinación de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa

### 3.3 Metodología.

El cumplimiento del presente proyecto partió primeramente de una recopilación bibliográfica de los trabajos desarrollados en el cantón de Loja, colocando especial énfasis en los estudios realizados en la parte occidental de la ciudad. Adicionalmente se adquirió información en el Municipio de Loja sobre el Proyecto de urbanización que se está llevando en el sector de estudio, información que junto a la recolectada en el campo permitió una descripción general de la zona de estudio.

#### 3.3.1 Metodología para el Objetivo 1.

**“Caracterizar y analizar los factores condicionantes que intervienen para la generación de movimientos en masa en la zona de estudio”**



Se basa en el levantamiento topográfico y geológico, el inventario de movimientos en masa, geomorfología, geotécnica y uso de suelo del área de estudio, información ingresa al ArcGis para la elaboración de los diferentes mapas temáticos.

- **Levantamiento Topográfico.**



Comprendió el análisis de la zona de estudio mediante una observación directa de campo y luego se procedió a establecer la ubicación de la estación robótica en la parte más alta del sector (*Véase Foto 2*), la cual fue nivelada y geo referenciada para proceder a tomar los puntos necesarios que nos permitirán representar con mayor detalle los rasgos topográficos del sector de estudio. Una vez concluido el

trabajo de campo a través de la recolección de puntos por medio de la Estación Topográfica, se procedió a procesar los datos en un computador por medio del software denominado “GEODIMETER Versión 2.0”, seguidamente estos datos obtenidos de este software se procesaron nuevamente por medio del programa “Fore Sight Versión 1.3.1”, para generar las curvas de nivel, este nuevo archivo obtenido se lo exportó al programa “Auto CAD” guardándolo como extensión “.dxf de Auto CAD”. Aquí se procedió a editar el dibujo por medio de la creación de capas que contengan información de la totalidad del levantamiento topográfico realizado a escala 1:1000 y finalmente se elaboró una base de datos en el programa ArcGis 9.2 lo que permite un mejor manejo de la información.



- **Levantamiento Geológico**

**Foto 3.** Determinación del Azimut y Buzamiento en areniscas en el margen S del área de estudio



La determinación de la geología del área de estudio comprende el trabajo de campo, para lo cual se procedió primero a elaborar un formato, el cual permitió la recolección de datos observados y tomados in situ. Con la utilización de un GPS se determinó y ubicó los diferentes afloramientos y calicatas, para luego determinar características como: elementos estructurales (Rumbo y buzamiento), presencia de contactos y potencia de cada uno de éstos afloramientos con

la utilización de la brújula y un metro (*Véase Foto 3*), para estos datos obtenidos detallarlos en el formato de campo por medio de una columna estratigráfica indicando la diferencia de litología suelo – roca (*Véase Anexo 1*), con sus respectivas capas y potencias; además se realizó la descripción de cada una de éstas capas indicando sus diferentes características como: color de material, granulometría, orientación entre otros. La topografía del área de estudio a escala 1:1000 servirá de base para delimitar sobre ella el detalle geológico, en ésta base topográfica se ubicaran los diferentes afloramientos y calicatas analizadas con sus respectivas características y medidas estructurales que ayudarán a delimitar las formaciones geológicas encontradas para su posterior descripción. El mapa será elaborado por medio del programa ArcGis 9.2 a escala 1:1000.



- **Inventario de Movimientos en Masa**

**Foto 4.** Movimiento en masa en el margen S del sector de estudio



Se refirió a mapear en el mapa topográfico de la zona de estudio los movimientos en masa existentes. Mediante el reconocimiento directo en el campo se identificó y delimitó las zonas de mayor inestabilidad (Véase Foto 2 para su caracterización, con la ayuda de un formato de campo tomado para la descripción de deslizamientos según Álvaro E. Escobar (Véase Anexo 2).

- **Geomorfología**

El levantamiento de información se obtuvo de la fotointerpretación de la fotografía aérea N° 242 a escala 1:10000 del Proyecto Carta Nacional correspondiente al sector 4 de la zona 5 del límite urbano de la ciudad de Loja tomadas por el Instituto Geofísico en el año 2006 (Véase Anexo 6). En función al análisis se identificaron: formas de paisaje, tipos de drenaje, características de erosión, la distribución de la vegetación en el terreno y el reconocimiento de estructuras geológicas.

La descripción morfológica se basó además en el análisis de los criterios topográficos, alineaciones y cortes de taludes, información tomada del mapa topográfico realizado con anterioridad. Y para la caracterización de la geomorfología se utilizó un formato usado para la descripción de paisajes geomorfológicos realizado por las autoras del proyecto (Véase Anexo 3) y cuyo resultado permitió la elaboración del Mapa Geomorfológico del sector a escala 1:1000.



- **Geotecnia**

**Foto 5.** Muestra de Conglomerado aflorando en el margen S de la zona de estudio



Se refiere al análisis de muestras de suelo y roca tomadas de sitios estratégicos en el sector de estudio, para determinar su calidad y su comportamiento frente a la construcción de obras de ingeniería (Véase Foto 5).

Para esto fue necesario obtener del campo la información referente a macizos rocosos en los afloramientos seleccionados y con la de ayuda de un formato de campo referido a la caracterización geomecánica (Véase Anexo 4) se determinó las características de las discontinuidades, presencia de agua subterránea y tipo de roca, datos que al corroborar con los parámetros geotécnicos investigados para cada una de las muestras, permitió clasificar la roca y de esta forma zonificar la zona en función a su calidad, según la clasificación de Bieniaswki 1985.

Para el caso del análisis de suelos se tomó los resultados del EIA del Proyecto Ciudad Victoria, en el cual se elaboraron 4 calicatas de 1 m<sup>3</sup>, de las cuales se describió los perfiles respectivos y muestreo del horizonte superficial para su observación en el laboratorio, definiéndose así el tipo de suelo y en función a este se determinó sus propiedades geotécnicas.

- **Uso de Suelo**

Mediante observación directa en el campo y con ayuda de un GPS se tomó los puntos que permitieron delimitar y caracterizar el terreno según su uso, información que fue analizada e ingresada a la base topográfica mediante el programa ArcGis 9.2 para crear el Mapa de Uso de Suelo a escala 1:1000.



**Foto 6.** Delimitación de áreas para uso de suelo

### **Metodología para el Objetivo 2.**

**“Identificar los factores que desencadenan los movimientos en masa para el análisis de la ocurrencia de movimientos en masa en el sector de estudio”**

Comprende la recolección de información referida a la precipitación y sismicidad respecto al área de estudio, para su ingreso al ArcGis y la elaboración del Mapa de Isoyetas y de Sismicidad.

- **Precipitación**

El registro de las precipitaciones medias anuales de la zona estudiada fue obtenido de las estaciones meteorológicas: “La Argelia”, “San Francisco”, “El Tambo”, y “San Lucas”, cuyos datos pluviométricos utilizados representan las condiciones climáticas del periodo 1999 al 2009. Datos que al comprobar con el mapa de Isoyetas de la ciudad del Loja permitió determinar el rango de lluvias anuales del sector estudiado y la elaboración del Mapa de Precipitación escala a escala 1:1000.



- **Sismicidad**

La recopilación de la información referente a sismicidad se obtuvo del Catálogo Sísmico del Ecuador, analizado por Egred en 1999, cuyo estudio se basó en la ocurrencia de sismos y el peligro en la región sur según la relación de Murphy & O'Brien. Información que al corroborar con el mapa de Sismicidad del Ecuador permitió la determinación del grado de amenaza sísmica para la zona de estudio y la elaboración del respectivo mapa a escala 1:1000 a través del programa ArcGis.

### 3.3.3 Metodología para el Objetivo 3.

**“Definir las zonas de amenazas geológicas por movimientos en masa que permitan el Ordenamiento Territorial Urbano del área de estudio”.**

Se refiere a la elaboración del Mapa de Amenazas Geológicas por movimientos en masa mediante el análisis de la susceptibilidad y los factores desencadenantes precipitación y sismicidad.

- **Mapa de Susceptibilidad.**

Para generar el mapa de susceptibilidad se realizó los siguientes procesos:

*Estructuración de la información temática.-* se conformó el mapa base digital, que se compone de diferentes capas correspondientes a cada tema: curvas de nivel, quebradas, ríos, infraestructura, vías. Por otra parte se digitalizaron todos los mapas temáticos necesarios para la modelación en el SIG, cada uno con su tipo y atributos para conformar la base de datos geográfica.

*Generación de mapas temáticos.-* Durante este proceso se generaron los mapas temáticos, producto del cruce de dos o más capas de información base o temática, éste es el caso de los mapas de pendientes. La generación de cada uno de estos mapas es diferente e involucra una o más capas y operaciones diferentes entre ellas. También se creó capas intermedias que necesitaron ser reclasificadas y simplificadas, para generar finalmente la capa temática resultante.



*Generación de mapa de susceptibilidad.*- En este proceso se realizó la sumatoria de todas las capas temáticas de análisis (Pendientes, Geología, Geomorfología, Geotecnia, Uso de Suelo e Inventario de Movimientos en masa) para obtener el mapa de susceptibilidad total de terreno.

- **Mapa de Zonificación de Amenazas**

Para la obtención del mapa de amenazas geológicas a cada una de los factores condicionantes y desencadenantes se les asignó pesos relativos según Mora y Vahrson 1992. Los rangos van de 1 a 5; en donde el valor 1 se refiere a las condiciones menos favorables para que se produzcan los movimientos en masa y por el contrario el valor 5 se refiere a las condiciones favorables para que se produzcan los deslizamientos, los cuales hacen que aumente la amenaza a estos movimientos.

Los pesos asignados para estas variables son los siguientes:

**Cuadro 2.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de Movimientos en Masa

<b>MOVIMIENTOS EN MASA</b>	
<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
<b>Caída de Rocas</b>	4
<b>Deslizamiento</b>	2

**Cuadro 3.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de Pendientes

<b>CLASES DE PENDIENTES</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Clases (%)</b>	<b>Peso</b>
<b>Alta</b>	50 a 80	3
<b>Media</b>	30 a 50	2
<b>Baja</b>	0 a 30	1



**Cuadro 4.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de la Litología

<b>LITOLOGÍA</b>	
<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
<b>Suelo Residual</b>	4
<b>Arenisca Cuarzosa</b>	4
<b>Arenisca Lítica</b>	3
<b>Coluvial</b>	2
<b>Aluvial</b>	2

**Cuadro 5.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de la Geotecnia

<b>GEOTECNIA</b>	
<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
<b>Muy Mala</b>	5
<b>Mala</b>	4

**Cuadro 6.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de la Cobertura Vegetal

<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
<b>Variable</b>	<b>Peso</b>
<b>Zonas Denudadas</b>	5
<b>Cultivos, Pastizal</b>	3
<b>Complejo Pasto-Árbol</b>	2

**Cuadro 7.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de la Precipitación

<b>PRECIPITACIONES</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Variable (mm)</b>	<b>Peso</b>
<b>Baja</b>	1000 - 1200	2
<b>Muy Baja</b>	800 – 1000	1



**Cuadro 8.** Pesos asignados según Mora y Vahrson 1992 para la evaluación de la Sismicidad

<b>SISMICIDAD</b>	
<b>Categoría</b>	<b>Peso</b>
<b>Media</b>	<b>2</b>



## **4. RESULTADOS.**

### **4.1 Descripción general del área de estudio.**

#### **4.1.1 Medio Físico**

##### **4.1.1.1 Ubicación**

La Urbanización “Ciudad Victoria” se encuentra localizada al oeste de la ciudad de Loja, y está determinada sobre la base del corredor desde la “Y” de la vía Isidro Ayora hacia el occidente en 100 m de lado a lado del eje de la vía en una superficie aproximada de 15.40 Km<sup>2</sup>, en donde encontramos principalmente barrios tradicionales como: La Obrapía, Bolonia y Eucaliptos, atravesando lotizaciones y urbanizaciones en proceso como son: Acacias, Chamanal, Rocafuerte, San Francisco y La Dolorosa, separada solamente por la avenida de Integración (*Véase Anexo 7.2*).

##### **4.1.1.2 Accesos**

Para el acceso a la ciudad de Loja por vía aérea, existen en Catamayo y Macará los aeropuertos “Camilo Ponce Enríquez” y “José M. Velasco Ibarra” respectivamente. Como consideración de acceso general se toma referencias de tiempo, desde la capital de la República Quito vía terrestre de primer orden, (9 horas en vehículo particular y 12 horas por transporte público). Por vía aérea: 45 minutos.

El acceso desde la ciudad de Loja hacia el sector de estudio, se efectúa por la vía occidental de paso, posteriormente se toma la Av. Eugenio Espejo y seguidamente la Av. Villonaco, que conduce directamente hacia el sector de estudio. Se encuentra aproximadamente a 4 Km del centro de la ciudad, es de fácil acceso a pesar de que es urbanización nueva, el transporte urbano hace recorrido constante lo que facilita a los moradores su movilización, como se muestra en la figura



#### 4.1.1.2 Topografía

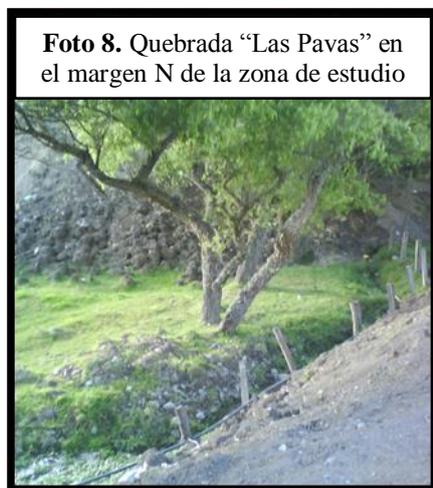


**Foto 7.** Topografía del sector de estudio

La hoya de Loja forma parte de las cuencas intramontañosas neógenas de la zona Sur del corredor Interandino. La orografía característica de la misma es de tipo irregular con relieves muy variados.

Es así que la Urbanización Ciudad Victoria que abarca una área de 32 Ha, presenta una topografía irregular con pendientes pronunciadas que superan el 90% de inclinación, y relieves variados que alcanzan una altura promedio de 2257 m.s.n.m., encontrándose al sur del área de estudio la parte más alta con una elevación de 3315 m s.n.m y la parte más baja se localiza donde se ubica la Quebrada Las Pavas con una elevación de 2200 m s.n.m (*Véase Mapa 1*).

#### 4.1.1.3 Hidrología.



Según el EIA de la Urbanización Ciudad Victoria, el sector se caracteriza por presentar dos vertientes naturales con caudales bajos e intermitentes en donde se observa agua únicamente en épocas de lluvias.

La urbanización limita al noroeste con los orígenes de la quebrada Las Pavas que nace en el Villonaco y recorre en el sentido



suroeste a noreste, es parte de la red de drenaje de la Hoya de Loja cuyo principal río es el Zamora, posee una longitud de 2 Km y desagua en al río Zamora a la altura del puente del Conservatorio de Música.

Al sur de la urbanización se observa una vertiente que tiene una longitud aproximada de 0.5 km, que lleva consigo las aguas de la parte alta de la zona estudiada en sentido por suroeste a noreste, nivel que se incrementa en épocas intensas de lluvia generando pequeños movimientos de tierra.

#### **4.1.1.5 Clima**

“Según la información meteorológica perteneciente a la estación La Argelia y en base a la información analizada por GEO Loja, se determina que el clima en la hoya de Loja y área del estudio es el temperado-ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire de 16 °C y una lluvia anual de 800 a 1200mm”.

“Siendo los factores que generan el clima de la ciudad de Loja los mismos factores que afectan a la región andina, especialmente la latitud y el relieve, y en términos más generales, la zona de convergencia intertropical (ZCIT), el efecto de la interacción océano Pacífico-atmósfera (Fenómeno El Niño Oscilación del Sur y Corriente Fría de Humboldt) y la cubierta vegetal”<sup>8</sup>

#### **4.1.1.6 Suelo**

“De conformidad con el mapa de suelos de la hoya de Loja (MAG); desde el punto de vista edafológico según a la USDA, son de Clase VII st; esto es suelos de textura arcillosa, pesados y de fertilidad baja aptos para conservación de la vegetación con limitaciones de suelos y pendiente”. (*Véase Anexo 5*)

“El uso actual del suelo corresponde en su mayor parte a zonas urbanas, áreas verdes y predominio de pastos con atisbos de agricultura principalmente maíz”.

---

<sup>8</sup>Geo Loja., mayo 2006, Información meteorológica



“Hace muchos años eran suelos muy productivos de trigo y cebada, la degradación se ha hecho presente y ha disminuido drásticamente su rendimiento, hoy se observa hatos de ganado lechero al “sogueo” aprovechando pasturas naturales y cultivadas como es el “kikuyo” (*Pennisetum clandestinum*)”<sup>9</sup>. (Véase Mapa 8)

#### 4.1.2 Medio Biótico

##### 4.1.2.2 Flora

“Las especies presentes en estos sectores son: Aliso (*Alnus acuminata Kunth*), Sauce llorón (*Salix babilonica*), Guabo (*Inga fendleriana*), Eucalipto (*Eucaliptus sp.*), Puma maqui (*Oreopanax sp.*), Helecho de matorrales (*Campyloneurum sp.*), Laurel de monte (*Myrica sp.*), *Pruus sp.*, *Solanum sp.*, Penco (*Agave americana L.*), Tapa tapa (*Axonopus sp.*), Chil-chil (*Tagetes terniflora H.B.K.*), Hierba de San Antonio (*Desmodium molliculum*), Diente de León (*Taraxacum denslioni*), Enredadera flores azules (*Ipomea purpurea*), Trompetilla (*Ipomea dumetorum*), entre las más destacadas”<sup>10</sup>.

##### 4.1.2.3 Fauna

“Al ser un sector intervenido y de sucesión, la fauna presente en el sector es escasa sobre todo si menciona mamíferos grandes, al existir vegetación herbácea y arbustiva la presencia de insectos es notoria pero no abundante, entre estos tenemos: grillos, moscas, mariposas, entre otros. Y según referencias de los moradores del lugar podemos decir que existen *aves* como tordos (*Turdus fuscater*), bichauche (*Zonotrichia capensis*), Chilalo (*Furnarius cinnamomeus*) y Garrapatero (*Crotophaga ani*). Reptiles: como “equis” (*Bothrops atrox*), “Colambo”, y una especie que la conocen como “dormilona” de agua”<sup>11</sup>.

<sup>9</sup>Cañadas., 1983, Luis Mapa Ecológico y Bioclimático del Ecuador MA-Pronareg

<sup>10</sup>Vivar Francisco, Merino Bolívar, (1998), Inventario de las Plantas del Jardín Botánico Reinaldo Espinosa.

<sup>11</sup>Tirira Diego., 1999, Mamíferos del Ecuador. GM. Láser. Quito Ecuador



### 4.1.3 Medio Socio – Económico

#### 4.1.3.1 Medio Socio – Económico de la ciudad de Loja

“Se toman referencias del área urbana y entorno de la base del Sistema de Información socio - económica del Ecuador-SISE en el año 2004, para conocer mediante indicadores la realidad en este aspecto, lo cuales se explicitan de en el siguiente cuadro adjunto”<sup>12</sup>.

**Cuadro 9.** Indicadores Socio – Económico de la ciudad de Loja según Ecuador-SISE

SECTOR	INDICADOR	MEDIDA
EDUCACIÓN	Analfabetismo	3.3 %
	Escolaridad	9.9 años
	Primaria completa	84.5%
	Secundaria completa	40.6%
	Instrucción superior	35.4%
EMPLEO	Población en edad de trabajar (PET)	104755
	Población económicamente activa-PEA	50359
VIVIENDA	Nº Viviendas	33529
	Hogares	33904
	Eliminación de excretas	96.3%
	Energía eléctrica	94.8%
	Teléfonos	52.1%
	Recolección de basura	81.2%
POBLACIÓN	Habitantes	142271
	Población indígena	2.8%
DESIGUALDAD Y POBREZA	Pobreza por NBI	40.9%
	Pobreza extrema por NBI	14.3%
	Incidencia de la pobreza de consumo	69.5%
	<b>Brecha de la pobreza de consumo</b>	<b>29.9</b>

<sup>12</sup>SISE., 2004, Sistema de Información Socioeconómica del Ecuador



#### 4.1.3.2 Medio Socio – Económico de Urbanización Ciudad Victoria.

La información generada por La Empresa Municipal de Vivienda VIVEM LOJA según el censo de Población y Vivienda del 2001 en el aspecto socio – económico de los habitantes del sector, es la siguiente:

**Cuadro 10.** Ingresos mensuales de los habitantes de la urbanización

RANGOS	INGRESOS	PORCENTAJE
300-400	18	14,4
401-500	30	24
501-600	25	20
601-700	18	14,4
>700	34	27,2
	125	100,00

**Cuadro 11.** Residencia de los habitantes de la urbanización

RANGOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 9	31	25,2
10 20	32	26,01
21 31	34	27,64
> 31	26	21,13
	123	100

**Cuadro 12.** Edad de los habitantes de la urbanización

RANGOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
23-33	62	45,98
34-44	45	40,87
45-55	15	10,94
> 55	3	2,18
	125	100

<sup>13</sup> INEC., 2001, VI Censo de Población y V de Vivienda



**Cuadro 13.** Procedencia de los habitantes de la urbanización

PROVINCIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
LOJA	111	87,40
OTRAS	16	12,60
	127	100

**Cuadro 14.** Grupo Familiar de los habitantes de la urbanización

CANTIDAD	N° PERSONAS	PORCENTAJE
1	1	0,79
2	14	11,11
3	36	28,57
4	45	35,71
5	19	15,07
6	9	7,14
7	1	0,79
8	1	0,79
	126	100

Del cuadro adjunto, se desprende que, el 91.3% del grupo familiar está compuesto por 5 miembros, o sea solamente 3 hijos y los padres. Nueve familias estarían compuesta por 6 miembros; y, solamente dos familias tendrían entre 7 y 8 miembros (*Véase Cuadro 14*).

**Cuadro 15.** Instrucción de los habitantes de la urbanización

INSTRUCCIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
PRIMARIA	15	11,38
SECUNDARIA INCOMPLETA	13	9,75
SECUNDARIA COMPLETA	58	47,15
SUPERIOR	40	31,7
	126	100



El 57% posee educación de nivel medio, un 31.7% instrucción superior y solamente un 11.38% tienen nivel primario (*Véase Cuadro 15*).

**Cuadro 16. Ocupación**

OCUPACION	CANTIDAD	PORCENTAJE
ARTESANO	2	1,57
EMPLEADO PUBLICO	32	25,19
EMPLEADO PRIVADO	35	27,55
EMPLEADA DOMESTICA	1	0,78
EMPRESARIO	30	23,72
MILITAR	9	7,08
OPERARIO	1	0,78
POLICIA	2	1,62
PROFESOR	3	2,36
CHOFER	9	7,98
OTROS	3	2,36
	127	100

Del cuadro adjunto se puede decir que, el 51% de los habitantes pertenecen al sector público y privado lo que asegura un ingreso. Microempresarios son el 23.72%; esto es, personas con ingresos propios. Los militares y policías y profesores de igual forma tienen ingresos de igual forma asegurados y constituyen en conjunto el 10%; en conclusión, el 85% tienen ingresos seguros. (*Véase Cuadro 16*).

#### 4.1.3.3 Proyecto de la Urbanización Ciudad Victoria.

“El proyecto Ciudad Victoria determinó la posibilidad de construir 915 soluciones habitacionales, y que para efectos de facilitar la construcción se dividió en cinco etapas” (*Véase Figura 2*).

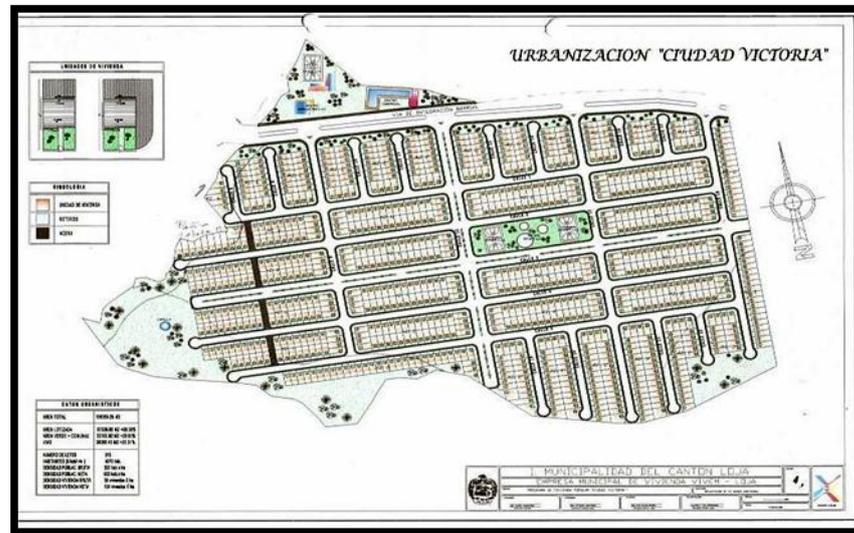
Las características del proyecto son:

- Área de terreno: 156.089,25 m<sup>2</sup>
- N° viviendas proyectadas: 915
- Área lotizada: 87539.88 m<sup>2</sup> (56.08%)



“Zonificación de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa que permita el Ordenamiento Territorial en la Urbanización Ciudad Victoria de Loja”

- Área verde + comunal: 32183.92 m<sup>2</sup> (20.61%)
- Vías: 36365.45 m<sup>2</sup> (23.31%)
- Habitantes: 4575 (5 hab /vivienda)



**Figura 2.** Plano de Emplazamiento de los lotes del proyecto Ciudad Victoria en el 2006

Las características de la vivienda son:

- Tamaño del lote:  $15.0 \times 6.0 = 90 \text{ m}^2$
- Dimensiones de la viviendas:
  - De un piso  $6.0 \times 6.60 \text{ m} = 36.00 \text{ m}^2$
  - Dos plantas =  $88 \text{ m}^2$

“La vivienda tiene opciones de una segunda planta y posee los siguientes espacios: sala-comedor, dos dormitorios, baño general y cocina; en la parte trasera se construirá una lavandería. Los 50 metros cuadrados restantes, pueden ser ocupados en algún momento. También tienen un retiro frontal de 5m de la calzada. Esta vivienda tendría la capacidad de albergar a 5-6 personas, que es la media estadística local con todos los servicios básicos”<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Proyecto de Vivienda., 2006, “ Ciudad Victoria” Municipio de Loja



## 4.2 Análisis de los Factores Condicionantes

### 4.2.1 Geología Regional.

“El Ecuador forma parte del cinturón de fuego del Pacífico y tiene un volcanismo y una sismicidad muy activas. Gran parte de su territorio forma parte de la Cordillera de los Andes y en su entorno figura una dorsal oceánica activa denominada dorsal de Galápagos que se sitúa entre las placas de Cocos y Nazca”.

“La Cordillera de los Andes se ha formado como consecuencia de la subducción a lo largo de la Fosa de Chile de cortezas oceánicas situadas en el Pacífico bajo la corteza continental de la Placa Sudamericana. En los Andes centrales y septentrionales la placa de Nazca subdujo bajo Sudamérica a una velocidad media de 10 cm/año (Norabuena et al., 1999). Sin embargo, desde hace aproximadamente 10-12 Ma (Mioceno Medio-Superior), la velocidad disminuyó hasta 7 cm/año debido posiblemente al acoplamiento entre las placas y a la creación de relieve”<sup>15</sup>

“En este contexto las cuencas sedimentarias intramontañosas sinorogénicas del Ecuador, se desarrollaron a partir del Oligoceno Superior, momento de máxima actividad orogénica. Sin embargo, más recientemente, se ha producido una nueva reactivación del proceso orogénico andino con creación de nuevo relieve que ha dado lugar al desarrollo de nuevas cuencas neógenas y cuaternarias sinorogénicas”.

“La Cuenca de Loja forma parte de las cuencas intramontañosas neógenas de la zona Sur del corredor Interandino. Se localiza en la parte meridional de Ecuador, próxima a la divisoria de aguas entre los océanos Atlántico y Pacífico. Está rellena por rocas esencialmente detríticas de edad Mioceno Medio y Superior discordantes sobre el basamento de composición dominante metapelítica, localmente con intrusiones de rocas ígneas”.

---

<sup>15</sup> Laffaldano, G. y Bunge, H.P. (2008). *Geology*, 36, 443-446.



“Su secuencia sedimentaria neógena ha sido establecida por Kennerley (1980) y estudiada en detalle por Hungerbühler et al. (2002) quienes proponen la existencia de un alto estructural que separó dos subcuencas para justificar las diferencias entre las series. El relleno sedimentario se inició con depósitos fluviales, deltáicos y lacustres que en el sector occidental corresponden de muro a techo, a las formaciones Trigal, La Banda y Belén, mientras que en el oriental están integradas en la formación San Cayetano. Sobre ellas reposa discordantemente la formación Quillolaco. Sin embargo, no existen dataciones precisas de estas formaciones”<sup>16</sup>.

“Los estudios previos de la estructura interna indican una mitad oriental deformada por pliegues de orientación NS que estaría separada de la occidental por una falla vertical (Kennerley y Almeida, 1973; 1975) o normal inclinada al Oeste (Hungerbühler et al., 2002)”.

“Esta falla habría sufrido inversión tectónica, rotaría y se formarían fallas nuevas inversas con buzamientos al Este que serían las responsables de la individualización de ambas subcuencas. Sin embargo, los estudios realizados durante este trabajo no han permitido identificar esta zona de falla de posición central en la cuenca. La región está muy cubierta y no existen datos detallados sobre las características de los pliegues y fallas ni datos sobre la geología del subsuelo que permitan conocer la estructura profunda de la cuenca”<sup>17</sup>.

La descripción de las formaciones que conforman la Hoya de Loja es la siguiente:

**Formación Chiguinda.-** Constituyen el basamento de la cuenca de Loja, formado por rocas metamórficas de edad Paleozoica, que contienen filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarcitas. Caracterizada por ser una secuencia potente e indiferenciada de esquistos moscovíticos-biotíticos, aunque hacia el este se conocen paragneises y gneises graníticos metasomáticos. (Kennerley, 1973). Metamorfismo de más bajo grado.

---

<sup>16</sup>Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Sowards, D., Egüez, A.,

<sup>17</sup>Kennerley, J.B. y Almeida, L., 1973, Mapa geológico de Ecuador, hoja de Gonzanamá (57) 1:100.000. Instituto Geográfico Militar.



**Formación Trigal.-** Esta formación aflora en la base de la secuencia sedimentaria en el lado Oeste de la Cuenca de Loja, está constituida por arcillas, lutitas en su mayor parte, localmente está finamente laminada y puede contener delgadas capas de yeso. La naturaleza arcillosa de la Formación también contribuye a la inestabilidad, especialmente cuando está saturada de agua. Buza suavemente al Este debajo de la formación San Cayetano con la cual se encuentra en relación concordante, al Oeste yace discordantemente sobre los metamórficos y hacia el Sur está fallada contra las rocas metamórficas.

**Formación La Banda.-** Yace en la parte noroccidental de la Cuenca de Loja, a lo largo de la carretera principal desde Loja a Cuenca cerca de la Quebrada la Banda. Formado por un estrato de 10 a 20 m de potencia con secuencia intercalada desde Calizas masivas, lutitas carbonatadas, capas de chert y areniscas de grano fino. Sobreyace a la Formación Trigal, localmente en un contacto erosivo y sobrepuesta concordantemente por la Formación.

**Formación Belén.-** la Formación Belén fue introducida por Alvarado (1967) y mapeado por la UNDP (1969) en la parte noroccidental de la cuenca. Kennerly (1973) incluyó la Formación Belén en la Formación San Cayetano debido a su litología, pero la determinación de edades, hace que el nombre Belén sea conservado. Este tipo yace cerca del pueblo de Belén y está caracterizada por gruesas capas de arenisca marrón que contienen lentes de conglomerado horizontalmente estratificados. Las capas son mayores a 3m de espesor. Las areniscas son acalanadas, muestran estratificación cruzada en escalas métricas.

**Formación San Cayetano.-** Está expuesta al este de la falla de cobijadura a lo largo del Río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales. El miembro inferior de areniscas, contienen capas de areniscas y algunas pequeñas capas de conglomerados y varias capas de carbón. Una capa intermedia del miembro limonitas, que contiene lutitas de color marrón, gris y blancos, con abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales, con una rica microflora y gastrópodos (en parte silicificado con dos intercalaciones distintas de 3-5-m espesor capas de brecha). El miembro superior de areniscas está dominado por areniscas de color marrón y lutitas, pero



generalmente muestran una tendencia de depositación estrato creciente. Tiene una edad del Mioceno Tardío a último.

**Formación Quillollaco.-** Esta presente al este y oeste de la cuenca de Loja, sobrepuesto al resto de formaciones por una discordancia angular. La formación está dominada por clastos metamórficos redondeados: filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos hasta 50 cm en diámetro. Las capas de conglomerado son hasta 4 m de espesor ya veces canalizadas. Hay también intercalaciones de brechas de matriz sostenida con clastos metamórficos. En la parte centro-oeste de la cuenca, las capas de conglomerado son predominates. Esta formación yace en discordancia angular en la mayor parte de la cuenca (Formación Trigal, Belén, y San Cayetano) y esta sobrepuesta por depósitos cuaternarios.

**Formación Salapa.-** La formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas Paleozoicas de la Unidad Chiguinda, tiene una potencia aproximada de 10 m. Litológicamente contiene líticos y tobas ricas en vidrio. Las tobas son fuertemente alteradas y en algunas instancias transformadas a caolinitas. El Plioceno Ultimo representa un depósito de piroclásticos conocidos en el sur de la Sierra. Los pocos afloramientos restantes sugieren que la Formación Salapa ha sido erosionada continuamente.

#### 4.2.2 Geología Local.

La Urbanización Ciudad Victoria se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias blandas pertenecientes a la Formación Belén como areniscas carbonatadas, areniscas gluconíticas, lutitas, arcillolitas y lentes de microconglomerados, sobrepuestas por sedimentos cuaternarios correspondientes a depósitos coluviales, aluviales y suelos residuales. (*Véase Mapa 3*), los cuales se pueden identificar ante la presencia de afloramientos y quebradas que recorren el área, lo cual incide para la formación de movimientos en masa en el sector de estudio.

La determinación de la litología de la zona de estudio se basó en la descripción geológica de los siguientes afloramientos: (*Véase Mapa 2*)



- **Afloramientos**

**Afloramiento 1.**

**Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 615

**Y=** 9 557 805

**Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 15m

**Ancho =** 5m

**Descripción:** Se presentan capas de lutitas muy fracturadas en potencias de 2m, son de coloración café y se encuentran en contacto

concordante con capas de areniscas carbonatadas de color marrón, que envuelven pequeños lentes de microconglomerado cuya potencia es igual a 3m, con fuertes oxidaciones de color rojizo; el macizo rocoso se muestra muy fracturado y al romperse lo hace en pequeños bloques. Las capas tienen una Azimut de 260° y un Buzamiento de 7°SE (Véase Foto 9).

**Foto 9.** Afloramiento en el margen O del área de estudio



**Afloramiento 2.**

**Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 707

**Y=** 9 557 661

**Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 5m

**Ancho =** 3m

**Descripción.-** Se observan capas de areniscas carbonatadas de grano medio (1-0.5mm) de coloración marrón, que envuelven pequeños lentes de microconglomerados, dichas capas alcanzan potencias de 3m y muestran un

Azimut de 331° y un Buzamiento de 62°NE. Las capas se presentan muy oxidadas (Véase Foto 10).

**Foto 10.** Afloramiento 2 en el margen S del área de estudio





### **Afloramiento 3.**

***Ubicación en coordenadas:***

**X=** 696 613

**Y=** 9 557 631

***Dimensiones de Afloramiento:***

**Largo =** 10m

**Ancho =** 5m

***Descripción.-*** Se muestra capas de areniscas carbonatadas de grano medio (1-0.5mm) de coloración marrón de grano fino que rodean pequeños lentes de microconglomerados; estos estratos tienen potencias de 5m se observan muy meteorizados y oxidados, sus capas tienen un Azimut de 306° y un Buzamiento de 38°NE. (Véase Foto 11).

**Foto 11.** Afloramiento 3 en el margen S del área de estudio



### **Afloramiento 4.**

***Ubicación en coordenadas:***

**X=** 696 511

**Y=** 9 557 745

***Dimensiones de Afloramiento:***

**Largo =** 7m

**Ancho =** 3m

***Descripción.-*** Se presenta capas de lutitas de 3m de espesor con una coloración café, los estratos se observan muy meteorizadas muestran una Azimut de 174° y un Buzamiento de 80°NE (Véase Foto 12).

**Foto 12.** Afloramiento 4 en el margen E del área de estudio





**Foto 13.** Afloramiento 5 en el margen E del área de estudio

### **Afloramiento 5**

#### **Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 379

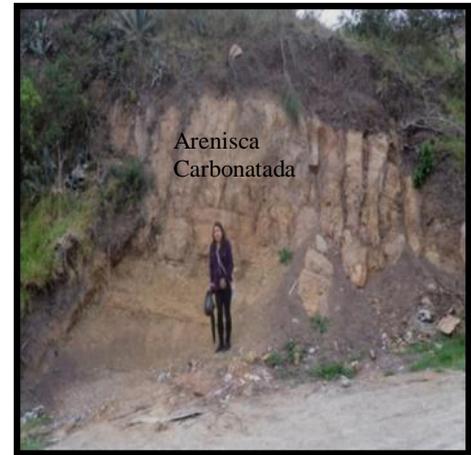
**Y=** 9 557 661

#### **Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 7m

**Ancho =** 4m

**Descripción.-** Se observa la presencia de capas de areniscas carbonatadas de grano medio (1-0.5mm) de coloración marrón, las cuales se rompen en pequeños fragmentos, con oxidaciones de color rojizo y café. Las capas presentan un Azimut de 100° y su Buzamiento de 11°SO. (Véase Foto13).



**Foto 14.** Afloramiento 6 en el margen S del área de estudio

### **Afloramiento 6.**

#### **Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 252

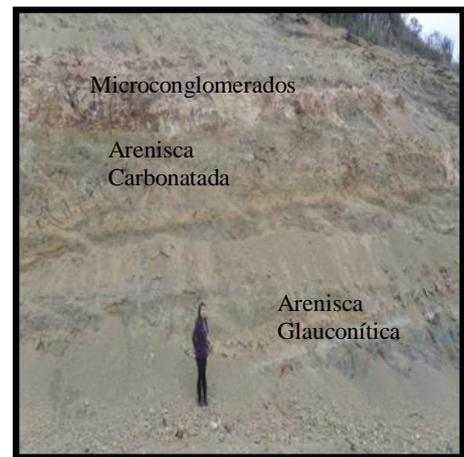
**Y=** 9 557 900

#### **Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 25m

**Ancho =** 10m

**Descripción.-** Se muestran una alternancia de capas de areniscas carbonatadas de grano medio (1-0.5mm) marrones de 1m a 3m en contacto con areniscas glauconíticas grises verdosas de hasta 4m. Las areniscas marrones envuelven pequeños lentes de microconglomerados cuyos clastos son subredondeados provenientes de rocas metamórficas como filitas, cuarzo, esquistos, alcanzan diámetros que van desde 1cm a 5 cm. Las capas tienen un Azimut de 152° y un Buzamiento de 62°SO (Véase Foto 14).





**Foto 15.** Afloramiento 7 en el margen O del área de estudio

**Afloramiento 7.**

**Ubicación en coordenadas:**

**X=** 9 557 937

**Y=** 696 305

**Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 7m

**Ancho =** 5m

**Descripción.-** Se presenta una alternancia de areniscas carbonatadas de grano medio (1-0.5mm) de coloración marrón de 3m, con finas capas de arcillolitas blanquecinas menores a 1m, las cuales se encuentran muy oxidadas. Sus capas muestran una Azimut de 283° y un de Buzamiento de 15°SO. (Véase Foto 15).



**Foto 16.** Afloramiento 8 en el margen O del área de estudio

**Afloramiento 8.**

**Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 236

**Y=** 9 558 843

**Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 14m

**Ancho =** 25m

**Descripción.-** Se observa una alternancia de areniscas carbonatadas y grueso marrones muy meteorizadas de grano medio (1-0.5mm) y grueso (2-1mm), con finas láminas de arcillolita gris – blanquecinas en potencias menores 1m, las cuales están muy oxidadas y al momento de desprenderse lo hacen en láminas. Además areniscas glauconíticas gris verdosa en contacto discordante con estas, cuyas capas presentan potencias de hasta 5m, contenidos abundantes de mineral glauconita. Sus capas se disponen con un Azimut de 290° y un Buzamiento de 18°SO (Véase Foto 16).





**Foto 17.** Afloramiento 9 en el margen N del área de estudio

### **Afloramiento 9**

#### **Ubicación en coordenadas:**

**X=** 696 291

**Y=** 9 558 225

#### **Dimensiones de Afloramiento:**

**Largo =** 4m

**Ancho =** 5m

**Descripción.-** Se muestran capas de areniscas de grano fino ( $<0.5\text{mm}$ ) de coloración marrón de hasta 3m, las cuales se presentan muy fracturadas, con presencia de óxidos de hierro de color anaranjado claro. Este tipo de areniscas se caracterizan por poseer gran porcentaje de granos y material cementante compuesto por cuarzo y como, sus capas presentan un Azimut de  $102^\circ$  y un de Buzamiento de  $15^\circ\text{SO}$  (Véase Foto 17),



Y para complementar la descripción de la geología de la zona de estudio se caracterizó las siguientes calicatas:

- **Descripción de Calicatas**

#### **Calicata 1.**

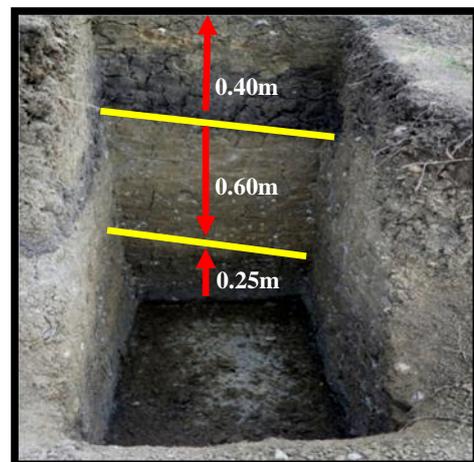
#### **Ubicada en las coordenadas:**

**X=** 696 892

**Y=** 9 558 012.

**Descripción:** Se presenta una capa de suelo de 0.40m de espesor seguida de una capa de arenisca carbonatada de grano medio (1-0.5mm) en potencias de 0.60m en contacto con una capa de

**Foto 18.** Calicata 1 en el margen O del área de estudio





lutita café de 0.25m, cuyas capas presentan un Azimut es  $279^\circ$  y Buzamiento  $6^\circ$ NE, la cual está muy compactada y presenta un aspecto arcilloso. (Véase Foto 9)

**Foto 19.** Calicata 2 en el margen O del área de estudio

### Calicata 2.

#### Ubicada en las coordenadas:

X= 696 76

Y= 9 557 877

**Descripción:** Con presencia de materia orgánica, posteriormente una capa de arenisca carbonatada de grano medio (1-0.5mm), color marrón de 0.50 m de potencia, en contacto con una capa de lutita de color café de 0.70m. de espesor, cuyo Azimut de los estratos es de  $270^\circ$  y un Buzamiento de  $0^\circ$ NE de (Véase Foto 19).



**Foto 20.** Calicata 3 en el margen E del área de estudio

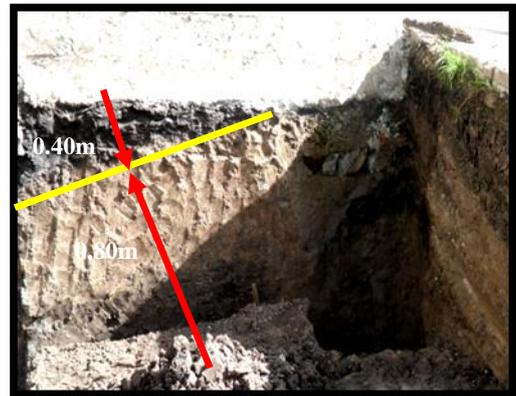
### Calicata 3.

#### Ubicada en las coordenadas:

X= 696 498

Y= 9 557 953.

**Descripción:** Se presenta una capa de suelo arcilloso de 0.40m de espesor, en contacto con una capa de lutita de color café de 0.80m, cuyas capas presentan un Azimut de  $68^\circ$  y un Buzamiento  $20^\circ$ NO, la cual está muy compactada (Véase Foto 20).





#### Calicata 4.

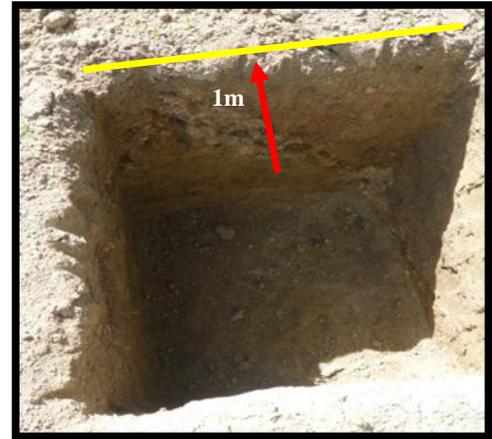
Ubicada en las coordenadas:

X= 696 448

Y= 9 557 125,

**Descripción:** Se encontró una capa de lutita de color café a gris de 1 m de espesor; los estratos presentan un Azimut de  $94^\circ$  y un Buzamiento  $4^\circ\text{NE}$  la cual presenta un aspecto arcilloso (Véase Foto 21).

Foto 21. Calicata 4 en el margen N del área de estudio



Una vez hecha la caracterización de afloramientos y calicatas se determinó la litología del sector estudiado, la cual se describe de la siguiente forma:

#### • Areniscas Carbonatadas

Corresponde a los diferentes estratos de areniscas carbonatadas de color marrón y que junto a intercalaciones de finas capas de arcillolita y lentes de microconglomerado afloran en el área de estudio formando una estratificación cruzada.



La areniscas carbonatadas son de grano medio (1-0.5mm) y grueso (2-1mm) y presentan potencias mayores 3m; sus capas fueron depositadas sobre los estratos de lutita de color café que afloran en las partes bajas del sector. Estas capas de roca presentan un azimut de  $281^\circ$  y un Buzamiento de  $5^\circ\text{NO}$ . Poseen una textura granuda y un aspecto duro y al estar

intercaladas con finas capas de arcillolitas y lentes de microconglomerados en



potencias menores a un 1m se presentan muy meteorizadas y oxidaciones (Véase Foto 23). Además se observan areniscas de grano fino (1mm) en la zona norte del sector de estudio, las cuales se caracterizan por presentar altos contenidos de granos de cuarzo, se presentan de color marrón, meteorizadas y oxidadas. El contacto observado entre las lutitas y este tipo de areniscas es concordante.

- **Lutitas**



La lutita de color café, se evidencia al norte y en la parte media de la zona de estudio, cuyos estratos alcanzan potencias mayores a 1 m. de espesor cuyos estratos presentan un azimut de  $10^\circ$  y un Buzamiento  $82^\circ$  SO. Su composición se basa en minerales arcillosos. Y al igual que los suelos,

las rocas con minerales de arcilla tipo montmorillonita presentan problemas de expansividad (Véase Foto 26).

Un problema común con este tipo de material es el *slaking* que se refiere al deterioro de la roca al ser expuesta a la meteorización, provocado por el agrietamiento e hinchamiento de esta ante la presencia de agua, debido que al ser un roca fisible las láminas se abren produciendo su desgaste.



Otro tipo de areniscas de color gris verdoso se observa en la zona de estudio, cuyas capas presentan un Rumbo de  $95^\circ$  y un Buzamiento de  $4^\circ$ NE, su coloración se debe a la acumulación de mineral glauconita, un compuesto de sílice, óxidos de hierro, silicatos de Al, Mg, K y Na y que al ponerse en contacto con agentes

meteóricos se compacta y adquiere esta coloración. Normalmente se encuentra en



forma de agregados redondeados con partículas escamosas, como todas las micas, pero de grano muy fino. Su depositación es un indicador de ambiente de sedimentación marino (*Véase Foto 24*)

- **Microconglomerados**



Se presentan en los afloramientos como pequeños lentes de microconglomerado con un Rumbo de  $164^\circ$  y un Buzamiento de  $23^\circ\text{NO}$ , en potencias menores a un 1m, de color gris claro envueltos en las capas de arenisca; sus clastos que en su mayor parte son metamórficos y otros volcánicos, se presentan en colores,

gris, marrón y rojizos, subredondeados con diámetros que van desde 2mm a 5cm de ancho por 3cm a 10cm de largo; su matriz es limosa con presencia de carbonatos, con componentes de cuarzo y feldespato de color anaranjado y se presentan muy oxidado (*Véase Foto 25*).

- **Arcillolitas**



Capas de arcillolita de color gris blanquesino con un Rumbo de  $152^\circ$  y un Buzamiento de  $66^\circ\text{SO}$ , se encuentran intercalas con las areniscas cuarzosa de color marrón de grano medio y fino, en potencias menores a 1m. Su composición se basa en minerales arcillosos. Y al igual que los suelos, las rocas con

minerales de arcilla presentan problemas de expansividad y desgaste de la roca especialmente ante presencia de agua. (*Véase Foto 26*).



- **Deposito Coluvial**



**Foto 27.** Muestra de Depósitos Coluviales aflorando en margen O de la zona de estudio

El depósito es observado de forma irregular en una zanja ubicada al lado oeste de la urbanización (X= 696 255 y Y=9 557 961), su potencia es de aproximadamente 1m, de color gris amarillento, compuesto de sedimentos depositados residualmente o transportadas en suspensión desde las zonas altas del sector de estudio. Su granulometría comprende clastos angulares que varían desde 0.1cm hasta 30 cm de diámetro cementados por una matriz arena – limosa que alcanzan una potencia de 2m (*Véase Foto 27*).

Estos depósitos están frecuentemente asociados a masas inestables y la resistencia de estos materiales es baja, sobre todo en la zona de contacto con el sustrato rocoso y cuando se desarrollan altas presiones intersticiales como consecuencia de lluvias intensas.

- **Deposito Aluvial**

Los depósitos aluviales se ubican al suroeste y noroeste de la zona de estudio en potencias menores a 1m, encontrándose cantos redondeados pertenecientes a rocas metamórficas, con diámetros que van desde 1cm a 50cm de ancho por 3cm a 0.70cm de largo, los cuales se encuentran cementados por arenas y limos. La coloración de los depósitos va desde gris a café rojizo (*Véase Foto 28*).



**Foto 28.** Muestra de Sedimentos Aluviales aflorando en el margen S de la zona de estudio

- **Suelos Residuales**

**Foto 29.** Muestra de Suelos Residuales aflorando en el margen S de la zona de estudio



Los suelos residuales que están presentes en el área de estudio son el resultado de procesos de meteorización en situ a las que han estado expuestos los sedimentos de la zona, son suelos arena arcillosos arcillosos, de color café oscuro y se encuentran bien compactados. La potencia de los suelos residuales va desde 0.30m hasta 1m, con grado de meteorización de moderada a alta (*Véase*

*Foto 29*).

#### 4.2.2.1 Estratigrafía.

En los afloramientos más representativos se muestra una depositación casi horizontal de rocas sedimentarias de la formación Belén como: areniscas, arcillolitas y lentes de conglomerados, formando una estratificación cruzada y una discordancia local bien marcada entre las areniscas, que indican que fueron depositadas en ambientes geológicos diferentes (*Véase Cuadro 17*).



**Cuadro 17.** Columna Estratigráfica de la zona de estudio

ERA	PERIODO	EPOCA	POTENCI A (m)	NOMBRE	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno 10.000 a.	1	Suelo		<b>Suelo.-</b> son suelos areno arcillosos de color café oscuro y se encuentran poco compactados y con un grado de meteorización moderada.	
			1	Aluvial		<b>Aluvial.-</b> constituido por cantos redondeados de rocas metamórficas que van desde 1cm a 50cm, se encuentran cementados por arenas y limos.	
			1	Coluvial		<b>Coluvial.-</b> comprende clastos angulares desde 0.1cm a 30 cm cementados por una matriz areno – limosa.	
				1	Microconglomerado		<b>Microconglomerados.-</b> como lentes incrustados en capas de arenisca carbonatada, gris claros, matriz arenosa y clastos os se presentan oxidados.
				0,5	Arcillolitas		<b>Arcillolitas.-</b> Intercalas con areniscas carabonatas y su composición se basa en minerales arcillosos
				5	Areniscas Carbonatadas		<b>Areniscas Carbonatadas.-</b> de coloración marrón y muy oxidadas. Con intercalaciones de arcillolita y lentes de microconglomerados.
				4	Areniscas Glauconíticas		<b>Areniscas Glauconíticas.-</b> en contacto discordante con areniscas carbonatadas y separadas por una discordancia, de color gris verdoso, muy oxidadas y fracturadas.
				2	Lutitas		<b>Lutitas.-</b> de color café, en contacto concordante con areniscas carbonatadas, se caracteriza por ser una roca expansiva plástica debido a su composición de minerales arcillosos
			2	Areniscas con contenidos de cuarzo		<b>Areniscas.-</b> De color marrón con altos contenidos de cuarzo, en contacto concordante con lutitas y son de grano fino.	

#### 4.2.2.2 Mineralización

El área de estudio está formada principalmente por areniscas carbonatadas, areniscas glauconíticas y areniscas con altos contenidos de granos de cuarzo,



arcillolitas, microconglomerados y lutitas, las cuales se originaron por la meteorización intensa de rocas metamórficas y volcánicas, luego de su transporte, cementación, compactación y disolución de rocas.

Así se analizó cuatro muestras de rocas provenientes de los afloramientos de la zona, para determinar la composición de minerales existentes y los cambios producidos en las rocas por agentes meteóricos. El resultado se describe en el siguiente cuadro:

**Cuadro 18.** Componentes mineralógicos de roca, determinados en el laboratorio por las autoras del proyecto

Muestra	Roca	Minerales Presentes	Ubicación
1	Arenisca	<b>Areniscas Carbonatadas:</b> Granos: Cuarzo Matriz: Ausente Cemento: Carbonatos	X = 696 335 Y = 9 557 778
		<b>Areniscas Glauconíticas:</b> Glauconita, sílice, óxidos de hierro, silicatos de Al, Mg, K y Na.	X= 696 252 Y= 9 557 900
		<b>Areniscas:</b> Granos: Cuarzo y feldespatos Matriz: Limosa Cemento: cuarzo	X= 696 291 Y= 9 558 225
2	Arcillolita	Minerales de arcillas: Montmorillonita	X= 9 557 937 Y= 696 305
3	Microconglomerado	Granos: Cuarzo y Feldespatos Matriz: Limosa Cemento: Carbonatos	X= 696 615 Y= 9 557 805
4	Lutita	Minerales arcillosos: Montmorillonita, cuarzo, feldespato y mica.	X= 696 498 Y= 9 557 953

#### 4.2.2.3 Geología Estructural

La cuenca de Loja es una sinforma compleja con algunos pliegues aislados muy abiertos de ejes generalmente orientados N-S. Su mitad oriental está



afectada por pliegues algo más apretados, cuyos flancos pueden buzarse más de  $50^\circ$ . Hacia la parte central de la cuenca se identifica una zona de cabalgamientos (Fig. 3) de orientación N-S y vergencia hacia el Este que afecta a la formación inferior (San Cayetano). Además se pueden determinar fallas, sistemas de grietas y alineaciones con direcciones preferentemente N-S y NE-SW que han controlado las diferentes litologías que conforman las formaciones de la depositación sedimentaria, las cuales han sido determinadas por el desplazamiento de relieve ocurrido.

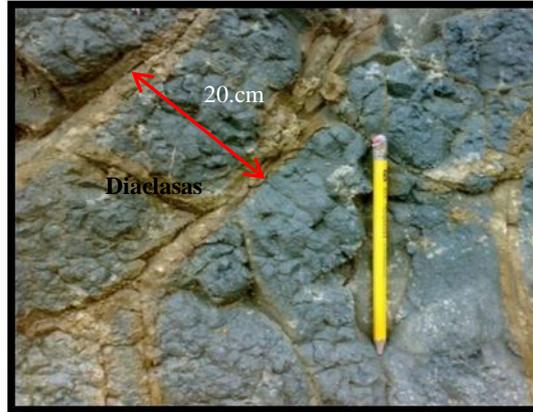
- **Diaclasas**

El diaclasamiento en el área de estudio es generalizado con orientación variada, como se describe a continuación:

*Diaclasas Horizontales.* - Se observan en los afloramientos de la parte suroeste de la urbanización en sentido paralelo a la vía, en areniscas de grano medio (1-0.5mm) de color marrón, con longitudes de 1cm a 4cm y con pequeñas aberturas de 0.1cm a 0.3cm y escaso relleno compuesto de arenas y arcillas. El espacio entre grieta y grieta es de 10cm a 30cm.

*Diaclasas Verticales.* - Se presentan en la zona sureste de la zona de estudio en las lutitas y están separadas por distancias de 40cm hasta 70cm., de abertura considerable entre 0.3cm a 0.5cm que no presentan relleno y que tiene longitudes de 5cm a 80cm.

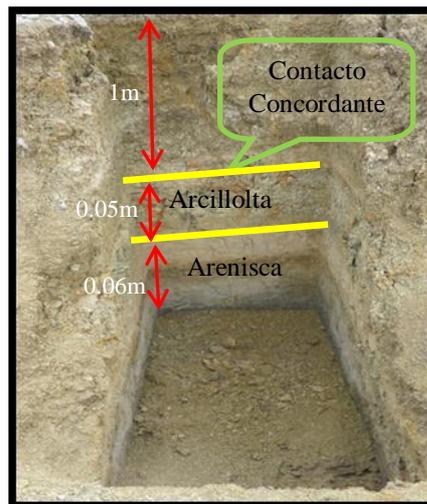
*Diaclasas inclinadas.* - Observadas en las areniscas glauconíticas y areniscas gris verdosas de la parte sur de la urbanización, poseen longitudes de entre 10cm y 50cm con Rumbo de  $144^\circ$  y un Buzamiento  $50^\circ$ NE, con poca abertura de 0.1cm a 0.2cm y material de relleno escaso de arenas y arcillas. El espacio entre grieta y grieta es de 10cm a 20cm (Véase Foto 30).



**Foto 30.** Muestra de arenisca glauconítica aflorando en el margen S del sector de estudio

- **Contactos Estratigráficos.**

*Contactos Concordantes:*



**Foto 31.** Calicata 1 en el margen O del sector de estudio

Al oeste del sector de estudio se observa que las capas de areniscas carbonatadas grano medio (1-0.5mm) y arcillolitas están separadas por Contactos Concordantes que indican un azimut de  $83^\circ$  y un buzamiento de  $5^\circ$ SE, los cuales se muestra debido al cambio súbito de la litología; estos se caracterizan por representar una corta interrupción local de la sedimentación (Véase Foto 31).



*Contactos Discordantes:*



**Foto 32.** Afloramiento en el margen O del sector de estudio

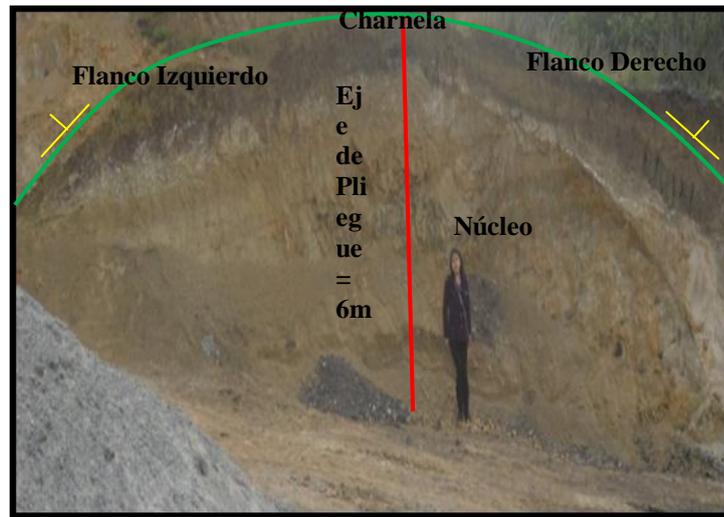
Una Discordancia Erosiva o Disconformidad se observa en la parte oeste de la urbanización entre los estratos de arenisca carbonatada de grano medio (1-0.5mm) y grueso (2-1mm) y arenisca glauconítica, la misma que presenta un azimut de  $336^\circ$  y un buzamiento de  $66^\circ\text{SE}$ ; la estructura tiene la característica de local, debido a que representa un tiempo corto de depositación. Aquí se observa que se ha desplazado una parte del estrato de arenisca glauconítica y en su lugar se encuentra un depósito de arenisca carbonatada de color marrón de grano grueso (2 – 4mm) que permite el paso de agua por su grado de permeabilidad (Véase Foto 32).

- **Pliegues**

Una estructura pequeña que forma parte de un sistema de pliegues localizado en el lado occidental de la cuenca de Loja, se encuentra localizado al oeste de la zona de estudio, el cual se constituye como un anticlinal cuyo eje tiene una longitud de 6m; sus flancos presentan un direcciones de: flanco derecho = azimut de  $324^\circ$  y un buzamiento de  $54^\circ\text{NE}$ , flanco izquierdo =  $203^\circ$  y un buzamiento de  $23^\circ\text{SO}$  que indican claramente el orden de depositación de los sedimentos durante la época del mioceno (1,500 - 2,640ma), constituyéndose la arenisca carbonatada marrón de grano medio (2 – 4mm) como el material



más antiguo y que constituye el núcleo del pliegue; y la arenisca carbonatada marrón de grano grueso (> 4mm) como el material más joven. La formación del mismo indica un plegamiento producido por compresión. (Véase Foto 33).



**Foto 33.** Anticlinal en el margen O de la zona de estudio

En uno de los afloramientos se observa un pliegue abierto tipo sedimentario el cual se constituye como un anticlinal, debido a que el plegamiento suave de estratos posiblemente se produjo por fuerzas de compresión. La estructura señala desplazamientos de material de hasta 2m, además se observa claramente el flanco derecho, el mismo que señala un azimut de  $284^\circ$  y un buzamiento de  $30^\circ$ NE. EL orden de depositacion de los sedimentos durante la época del mioceno (1,500 - 2,640ma), lo constituye la arenisca carbonatada marrón de grano medio (2 – 4mm) y las areniscas glauconíticas como el material más antiguo y que constituye el núcleo del pliegue; y los micro conglomerados como el material más joven (Véase Foto 34).



**Foto 34.** Anticlinal en el margen S de la zona de estudio

- **Fracturas**

La primera es una quebrada natural, la cual se constituye como una fractura que tiene una longitud aproximada de 0.5 km que se encuentra localizada al sur del sector de estudio y está asociado al cambio de pendiente que se ve allí; presenta un azimut de  $188^\circ$  y un buzamiento de  $84^\circ\text{SE}$  y está constituida por areniscas carbonatadas y cantos provenientes de los microconglomerados ubicados en las zonas altas de los afloramientos debido a la ocurrencia de movimientos en masa, con diámetros que van desde 0.5cm a 5cm de color gris y rojo los cuales están muy oxidados. (Véase Foto 34)

**Foto 35.** Fractura en el margen S del sector de estudio





Esta fractura al ser una quebrada natural que atraviesa el sector, ocasiona en época de invierno problemas a los moradores del sector debido a que las agua lluvias que fluyen por ahí generan pequeños movimientos de masa causando daño a una de las vías principales de la urbanización, poniendo en riesgo a las personas que transitan por ahí (*Véase Foto 35*).



**Foto 36.** Movimientos en masa en el margen S del sector de estudio

Además en períodos intensos de lluvia el nivel de agua se incrementa provocando que lodo y fragmentos de roca lleguen hasta la urbanización, debido a que estas aguas son desviadas a través de una zanja perimetral hacia la Quebrada Las Pavas (*Véase Foto 36*).



**Foto 37.** Zanja en el margen O de la zona de estudio



El desbordamiento de agua produce daño a las vías del sector impidiendo el paso de las personas y exponiéndolos a peligros (*Véase Foto 37*).



**Foto 38.** Vías en el margen O del sector de estudio

El paso del agua cerca de las viviendas produce humedad al terreno, haciéndolo más propenso a la ocurrencia de movimientos en masa y poniendo en riesgo a las personas.

**Foto 39.** Viviendas en el margen O de la zona de estudio



Otro lineamiento que controla el curso de la quebrada Las Pavas se localiza al noroeste de la zona de estudio con una longitud aproximada de 2km, el cual presenta un azimut de  $50^\circ$  y un Buzamiento de  $40^\circ$  NE. Se compone de areniscas de grano fino, y cantos de color gris cementados por arenas y limos. Es considerada como una quebrada de gran importancia al poseer un valor ambiental además de que se la utiliza para frenar las escorrentías de aguas lluvias que provienen de la zona sur de la urbanización (*Véase Foto 39*).



**Foto 41.** Fractura en el margen N de la zona de estudio

- **Fallas**

En la parte oeste de la zona de estudio, se encuentra una falla normal con dirección E-O determinando un azimut de azimut de  $270^\circ$  y un buzamiento de  $0^\circ$ NE, cuya zona de debilidad originó un desplazamiento aproximadamente de 1m por donde fluyen parte del caudal de la Quebrada Las Pavas . El bloque levantado lo compone la zona sur de la urbanización y está constituido por areniscas carbonatadas y lutitas y el bloque hundido la zona norte compuesta de areniscas con contenidos abundantes de cuarzo. El lineamiento posee una longitud aproximadas de 200m y en su interior se encuentran arenas de color marrón, materiales arcillosos y cantos de color gris (Véase Foto 40).



**Foto 42.** Falla Normal en el margen O de la zona de estudio

- **Microfallas**



Son pequeñas fallas asociadas a lineamientos que atraviesa el sector en sentido N-S y E-W que señalan que la zona está sometida a fuerzas de compresión, tensión y cizalla.

En el afloramiento 8 que mide alrededor de 25x14 se encuentra una microfalla inversa que puede llegar a medir hasta 10m, en la cual se observa que el techo que se compone de areniscas cuarzosas y areniscas líticas se desliza 80m en relación al piso, lo que se puede evidenciar ante el desplazamiento de la roca. El material de relleno del lineamiento lo constituyen arenas y arcillas fuertemente oxidadas. La microfalla presenta un Rumbo de  $347^\circ$  y un Buzamiento de  $78^\circ$  NE y su principal característica es que refleja un período de erosión importante antes de que se reinicie el depósito de las capas más jóvenes suprayacentes. (Véase Foto 42).



**Foto 43.** Microfalla Inversa en el margen O de la zona de estudio

Dicha estructura al constituirse en una zona de debilidad produce que fluya desde ahí agua que proviene de los acuíferos en un volumen aproximado de 500lt; además de que la zona es fue sometida a movimientos se formaron además nuevas grietas en la roca produciendo su inestabilidad.

#### 4.2.3 Pendientes

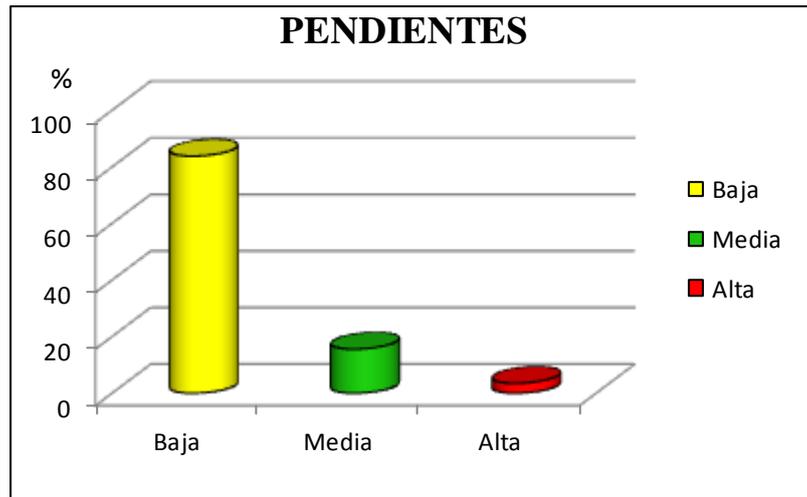


El sector de estudio se caracteriza por presentar terrenos con pendientes que varían desde bajas a altas. Predominando las pendientes bajas las cuales ocupan el 83,82% que equivalen a 26,11 hectáreas contemplando la totalidad de la zona donde se encuentra asentada la infraestructura y parte de los lugares donde se desarrolla las actividades productivas. Las pendientes Medias ocupan el 15,57 % del total del área de estudio que corresponde a 4.85 hectáreas y se localizan al oeste y centro del área de estudio, en estas zonas se han desarrollado la mayoría de cortes de talud para la expansión de la urbanización y donde se han generado algunos de los movimientos en masa estudiados; otro factor condicionante para la ocurrencia de estos deslizamientos en estos terrenos con esta pendiente es la composición litológica, la cual corresponde a rocas muy deterioradas de muy baja resistencia. Las pendientes Altas ocupan el 3,50% el total del área de estudio que corresponde a 1,09 hectáreas, y abarca terrenos compuestos por rocas muy meteorizadas en zonas ubicadas en cortes de talud; además la presencia de agua subterránea en esta lugares provocó aún más la inestabilidad contribuyendo así a la formación de los movimientos en masa más grandes de la zona. (Véase Cuadro 19, Gráfico 1 y Mapa 4).

**Cuadro 19.** Clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendientes elaborada por las autoras del proyecto

<b>PENDIENTES</b>			
<b>Categorías</b>	<b>Clases (%)</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Baja	0 a 30	26,11	83,82
Media	30 a 50	4.85	15,57
Alta	50 a 80	1,09	3,50

**Gráfico 1.** Representación Gráfica de las Pendientes



#### 4.2.4 Inventario de Movimientos en Masa.

En la Urbanización Ciudad Victoria se encontraron cinco movimientos de masa (Véase Mapa 5), los cuales se caracterizan a continuación:

- **Movimiento de Masa 1.**

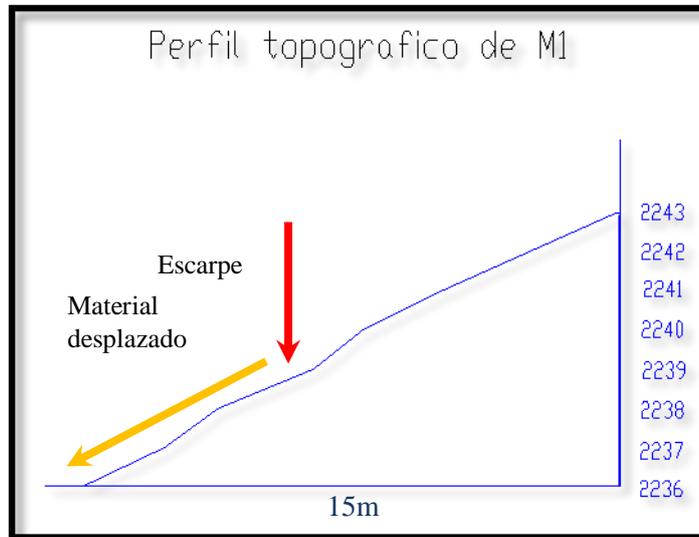
Ubicado en las coordenadas		
x	y	z
669375	9 557 487	2292
Dimensiones		
Largo = 15m		Ancho = 7m

**Foto 44.** Movimiento 1 en el margen E de la zona de estudio





**Gráfico 2.** Perfil Topográfico de M 1



Se refiere a un deslizamiento simple de tipo traslacional con un dirección de  $177^\circ$  y un buzamiento de  $23^\circ$ SE, en donde la arenisca carbonatada y el microconglomerado que poseen potencias de hasta 4m se desplaza sobre la base de la lutita. El movimiento se presenta activo con una velocidad lenta; el escarpe originado es semicircular con escasa vegetación, el cual indica un volumen desplazado de 150 a  $200\text{m}^3$ , el cual deja expuesto al macizo rocoso haciéndolo propenso a la meteorización. El deslizamiento no presenta zonas húmedas y la maza desplazada se encuentra en fragmentos muy pequeños (Véase Foto 45 y Gráfico 2).

La probable causa es la pendiente y la composición litológica del terreno; el factor disparador es el corte de talud hecho para la construcción de las viviendas y la humedad del suelo que provocan la desintegración del material.

Uno de los daños que origina es la erosión de la roca expuesta, la pérdida de cobertura vegetal para la ganadería y la destrucción de la infraestructura



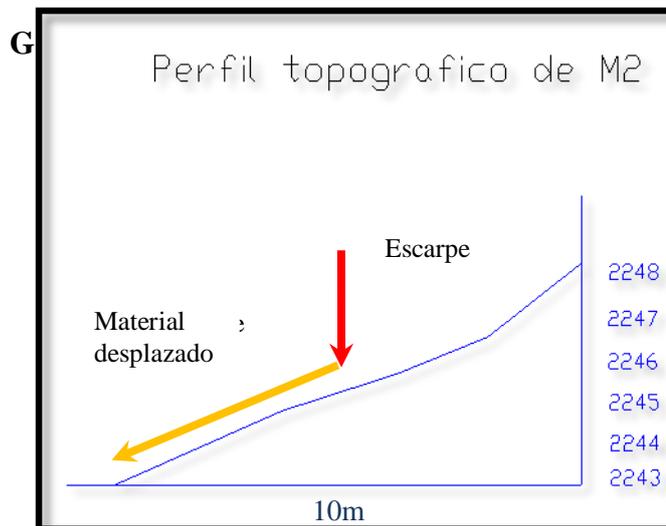
• **Movimiento de Masa 2.**

Ubicado en las coordenadas		
x	y	z
696 615	9 557 800	2238
Dimensiones		
Largo = 10m	Ancho = 5m	

**Foto 45.** Movimiento 2: en el margen S de la zona de estudio



**Gráfico 3.** Perfil Topográfico de M2



Se trata de un deslizamiento pequeño de tipo rotacional con una dirección de  $250^\circ$  y un buzamiento de  $20^\circ$ SO, en donde el suelo residual se desplaza sobre la base de la arenisca carbonatada con una velocidad de movimiento lenta debido a la poca pendiente del terreno. Presenta un escarpe pequeño con



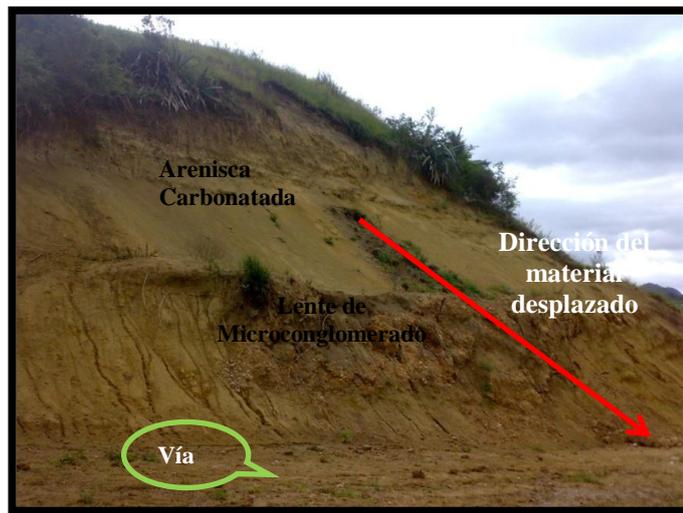
vegetación abundante, que señala un volumen desplazado de 80 a 100m<sup>3</sup> aproximadamente. La masa desplazada de material arenoso - limoso, se encuentra desintegrada debido a que es una zona muy húmeda. El material deslizado se constituye como un movimiento que está activo debido a la cantidad de agua que fluye en su parte superior (Véase Foto 46 y Gráfico 3).

Las probables causas son la composición del material, y la acumulación de agua en el terreno por la abundante vegetación, lo produce la disminución de la resistencia; y como factor detonante el corte de talud hecho para el desarrollo de la infraestructura.

Los daños que ocasiona son el ingreso de lodo y humedad en las viviendas que están cerca del deslizamiento y por tanto el deterioro de las mismas.

- **Movimiento de Masa 3**

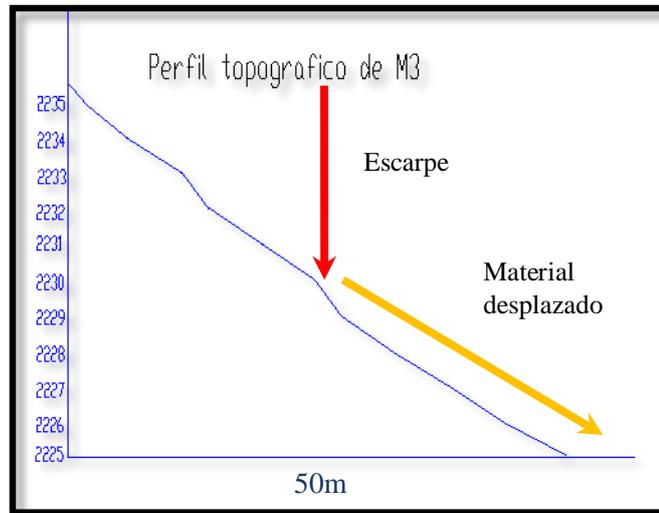
Ubicado en las coordenadas		
x	y	z
696 362	9 557 860	2235
Dimensiones		
Largo = 50m	Ancho = 10m	



**Foto 46.** Movimiento 3: en el margen O de la zona de estudio



**Gráfico 4.** Perfil Topográfico de M3



Este tipo de movimiento se considera un deslizamiento traslacional de gran tamaño, en donde el suelo residual se desplaza sobre la base de las areniscas carbonatada y el microconglomerado. Se evidencia un escarpe de tamaño considerable y vegetación moderada que deja expuestas las rocas a la erosión, el cual indica un volumen deslizado de 400 a 600m<sup>3</sup>; el movimiento presenta un dirección de 240° y un buzamiento de 30°NO, con su velocidad del movimiento rápido. Los terrenos donde se origina este movimiento presentan pendientes de medias a altas que permiten que este movimiento permanezca activo. (Véase Foto 47 y Gráfico 4).

Una de las principales causas para la generación del movimiento son las altas pendientes y la baja resistencia de la roca por su contacto con el agua debido a que en su parte alta se desarrolla la actividad productiva; y como factor disparador las intensas lluvias que también generan humedad al terreno, las cuales han contribuido para su ocurrencia.

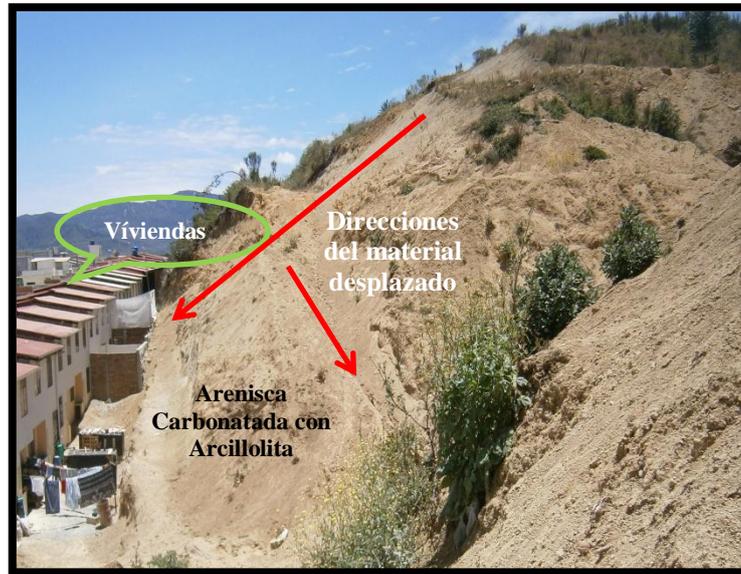
Los impactos que genera este movimiento es la obstrucción de la vía en desarrollo, la pérdida de la cobertura vegetal, pérdida de cultivos y la erosión de la roca expuesta.



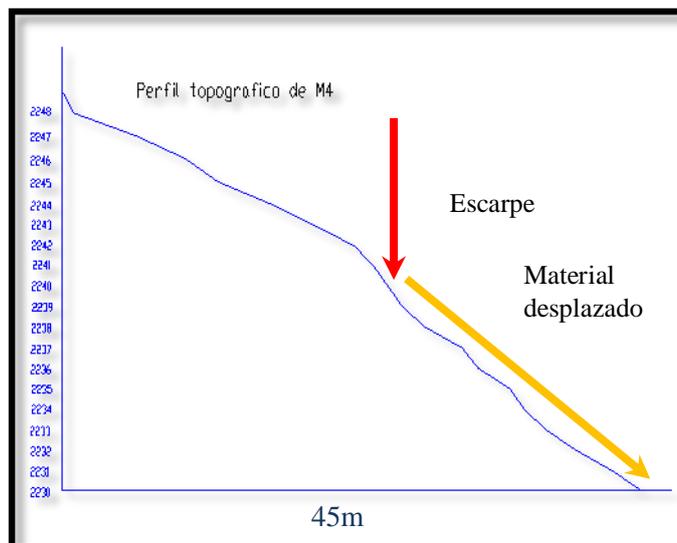
• **Movimiento de Masa 4.**

Ubicado en las coordenadas		
x	y	z
696 253	9557 912	2239
Dimensiones		
Largo = 40m	Ancho = 20m	

**Foto 47.** Movimiento 4: en el margen S de la zona de estudio



**Gráfico 5.** Perfil Topográfico M4



El tipo de movimiento que se presenta en esta zona es un deslizamiento de tipo traslacional con dirección  $248^\circ$  y buzamiento de  $25^\circ$ NO, en donde la arenisca carbonosa y arcillolita es desplazada junto a la capa de suelo, las



capas de roca presentan potencias de hasta de 10m., con una velocidad de movimiento rápido. Se evidencia un escarpe con vegetación escasa que indica un volumen desplazado de 800 a 1000m<sup>3</sup>, que deja expuesta la roca a la erosión. Los terrenos donde se origina este movimiento presentan pendientes moderadas que permite que este movimiento permanezca activo (*Véase Foto 48 y Gráfico 5*).

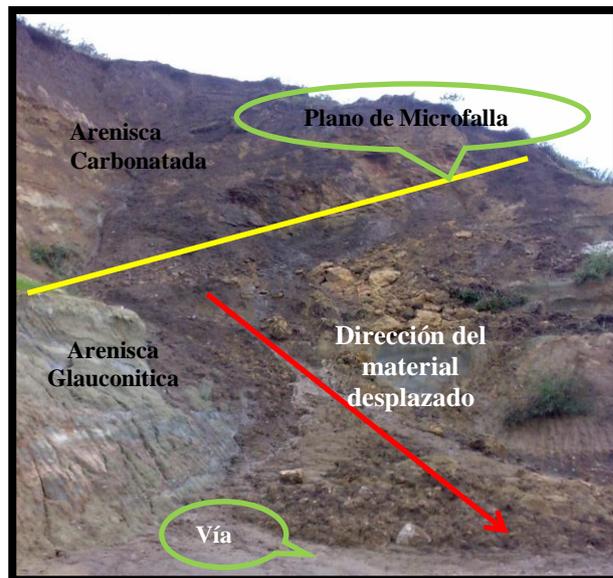
Las causas probables de la generación del movimiento son: las pendientes altas; y el factor disparador lo constituyen los aportes de agua que generan humedad al material, debido a que por la parte inferior del deslizamiento existe una quebrada cuyo curso natural es su paso por la urbanización, y cuyo caudal no ha sido manejado adecuadamente.

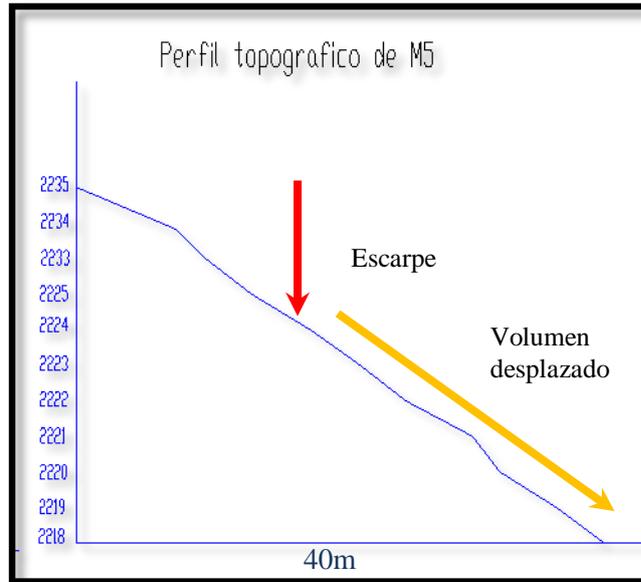
El fuerte daño que origina es la presencia de humedad y la destrucción de las viviendas de las partes bajas, generando pérdidas económicas y probablemente pérdidas de vidas humanas.

- **Movimiento de Masa 5**

Ubicado en las coordenadas		
x	y	z
696 225	9 557 835	2228
Dimensiones		
Largo = 40m	Ancho = 11m	

**Foto 48.** Movimiento 6: en el margen O de la zona de estudio





**Gráfico 6.** Perfil Topográfico M5.

El movimiento que se presenta en esta zona se constituye como una caída de roca con dirección de  $248^\circ$  y buzamiento de  $25^\circ\text{NO}$ , en donde la arenisca carbonosa en potencias mayores a 10m se desplazan sobre la arenisca grauconítica de color gris verdoso con velocidad rápida; el escarpe con poca vegetación se presenta de forma irregular y ocupa un área de 200 a  $400\text{m}^3$ . Los terrenos donde se origina este movimiento presentan pendientes altas, roca muy fracturada y humedad de esta por la presencia de acuíferos, lo cual permite que este movimiento permanezca activo (*Véase Foto 49 y Gráfico 6*).

La causa principal para la ocurrencia de este movimiento son las pendientes y aportes de agua de acuíferos; y el factor disparador las fuertes lluvias.

Los daños que origina son la acumulación de agua en zonas desnudas, el taponamiento de la vía y la presencia de lodo y humedad en las viviendas.

#### **4.2.5 Geomorfología.**

La zona de estudio se encuentra formada en su mayor parte por Terrenos Planos con ligeras ondulaciones con pendientes menores a 30% y en ciertas secciones existen depresiones que confluyen en el origen de la quebrada Las Pavas, lugares por donde ha existido un flujo y arrastre de materiales finos en



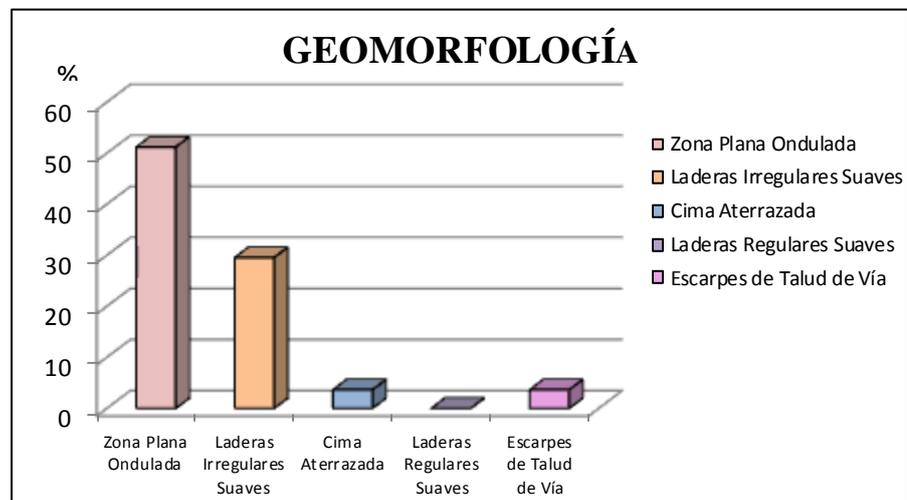
especial. En menor proporción por Zonas Moderadas con pendientes que van desde 30 – 50%, las cuales se constituyen como las colinas circundantes. La geomorfología del sector además se ve afectada por los cortes de talud de vía, los cuales se constituyen como escarpes que alcanzan pendiente de hasta 50%, clasificando de esta forma al sector como una área colinosa propia del plegamiento suave del subsuelo, con una sección o capa de cobertura de carácter arcilloso de color oscuro que constituye el suelo residual producto de la meteorización in situ de la roca parental (*Véase Cuadro 20, Gráfico 7 y Mapa 6*).

Los subpaisajes morfológicos encontrados son:

**Cuadro 20.** Clasificación utilizada para elaborar el mapa Geomorfológico del área de estudio

<b>GEOMORFOLOGIA</b>		
<b>Paisajes Morfológicos</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Zona Plana Ondulada</b>	15,95	51,20
<b>Laderas Irregulares Suaves</b>	9,20	29,53
<b>Cima Aterrazada</b>	1.00	3,63
<b>Laderas Regulares Suaves</b>	3.84	12,32
<b>Escarpes de talud de vía.</b>	1.13	3,89

**Gráfico 7.** Representación Gráfica de la Geomorfología





- **Zonas Planas Onduladas**

Ocupan la mayor parte del área de estudio y están constituidas por lutitas de color café, y areniscas carbonatadas marrón, con secciones suavemente inclinadas y con pendientes de forma convexa, moderadamente larga y con pendientes entre 0% - 30%. Presenta erosión alta debido al asentamiento poblacional y por tanto ocupan un área de 15,95 hectáreas que representa el 51,20% del total del área de estudio.

- **Laderas Irregulares Suaves**

Este tipo de relieve consta de areniscas carbonatadas marrón y microconglomerados pertenecientes a la Formación Belén, con pendientes de forma convexa, muy erosionadas y con porcentajes de 30% - 40%, y dentro de la cobertura vegetal podemos encontrar pastizales, matorrales y árboles. Estas áreas ocupan un área de 9,20 hectáreas que equivalen al 29,53% del total de la zona de estudio.

- **Cimas Aterrazadas**

Ocupan una área importante donde se asienta el tanque de reserva de agua y la antena satelital y esta compuesta por areniscas carbonatadas de color marrón. Presenta erosión alta debido al asentamiento de infraestructura y por tanto ocupan un área de 1 hectárea que representa el 3,63% del total del área de estudio.

- **Laderas Regulares Suaves**

Ocupadas por areniscas marrón y constituidas por zonas suavemente inclinadas, con pendientes de forma cóncava y con porcentajes de entre 40% - 50% presenta una erosión severa, su cobertura vegetal está compuesta por pastizales, matorrales y árboles. Ocupan 3.84 hectáreas que representa el 12.32% del total del área de estudio.



- **Escarpes de talud de vía.**

Se localizan al oeste y suroeste de la zona de estudio, la pendiente en estos sectores es pronunciada mayor al 30%, compuestas por areniscas carbonatadas marrón, gris y café, representa zonas denudadas debido a la gran cantidad de cortes de talud, en estos sectores se encuentran los movimientos en masa que ocupan un área de 1.13 hectáreas y que representa el 3,63% del total del área de estudio.

#### 4.2.6 Geotecnia.

Para la determinación de la geotecnia de la zona de estudio se tomó tres muestras de roca una por cada tipo de litología encontrada: arenisca, microconglomerado, arcillolita y lutita, y cuatro muestras de suelo, de las cuales se identificó ciertas propiedades físico - mecánicas que al ser corroboradas con los datos de campo permitirán determinar su comportamiento frente a una carga.

- **Comportamiento de los Suelos:**

En el análisis mecánico de suelos determinado en el EIA del proyecto Ciudad Victoria, se estudió cuatro muestras cuyo resultado indica que los suelos presentan contenidos de arena en un 37.97%, limo en un 24.70% y arcillas en un 38.20%, lo que demuestra que el porcentaje de arcilla se encuentra presente en mayor proporción en relación a los demás materiales, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 21.** Resultado de Análisis Mecánico de Suelos, tomado del EIA del Proyecto Ciudad Victoria.

Muestra	Análisis mecánico		
	Arena	Limo	Arcilla
<b>805</b>	24	21.28	59.72
<b>806</b>	38	25.28	36.72
<b>807</b>	50	21.28	28.72
<b>808</b>	42	31.28	26.72



Dicha información fue comprobada en el campo, en donde se establece que son arcillas muy expansivas debido a la presencia de grietas en el suelo de la urbanización, lo cual se demuestra en la foto, en donde se observa que estas están a menos de 1m de distancia entre grieta y grieta, además la abertura es considerable y va desde 1cm a 2cm (*Véase Foto 50*).

**Foto 49.** Muestra de suelo en el margen N de la zona de estudio.



Los suelos presentan una humedad del 40%, lo que indica que este es influenciado por el clima del sector, pues la arcilla al ponerse en contacto con el agua produce cambios en su volumen y por tanto fuerte expansión. Estos presentan un alto límite líquido (LL) igual al 50%, un alto índice de plasticidad (IP) en un 50% y una resistencia baja de 6Kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 22.** Resultado de Análisis Geotécnico de Suelo según las autoras del proyecto

Muestra Heterogénea de Suelo	
<b>Humedad</b>	40%
<b>Límite Líquido</b>	50%
<b>Límite Plástico</b>	50%
<b>Índice de Plasticidad</b>	70%
<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 2 – 6 (Suelos areno arcilloso)
<b>Resistencia</b>	6 Kg/cm <sup>2</sup>

Además según la clasificación AASTHO los suelos son de tipo areno arcillosos, y por tanto se comportan como pequeñas bases soportando livianas



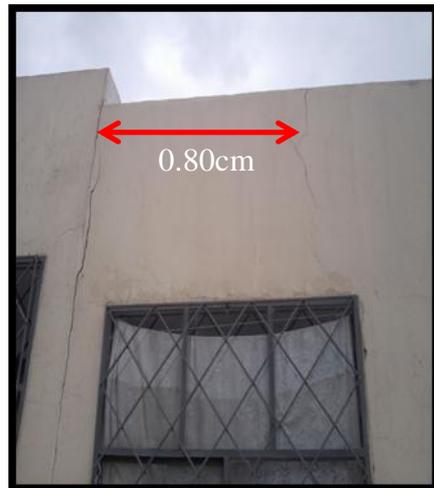
cargas que son más fácilmente levantadas o movidas por la arcilla expansiva. Hecho que se evidencia ante la presencia de grietas horizontales, verticales e inclinadas en viviendas y vías de la urbanización tal como se observa en las fotos.



**Foto 50.** Grietas en el margen N de la zona de estudio



**Foto 51.** Grietas en el margen N de la zona de



**Foto 52.** Grietas en el margen N de la zona de estudio



**Foto 53.** Grietas en el margen O de la zona de estudio

En las viviendas se observa que el espacio entre grieta y grieta es inferior a 1m, hallándose generalmente presentes siempre más de dos grietas por vivienda. La abertura de las grietas son de considerable magnitud, observándose hasta de 1cm, tal como se muestra en la siguiente imagen.



**Foto 54.** Grietas en el margen S de la zona

### ✿ Comportamientos de las Rocas

Para describir el comportamiento del terreno en la urbanización, es necesario analizar los parámetros geotécnicos de la roca y la determinación de su calidad.

#### *Parámetros geotécnicos de las rocas encontradas en la zona de estudio:*

Se describen los parámetros geotécnicos de las rocas encontradas en la zona de estudio, datos tomados de tablas generales referentes a la clasificación de rocas sedimentarias clásticas según Mathewson en 1981 y de gran utilidad en la determinación de la calidad de la roca según Bieniaswki 1989 (*Véase Cuadros 23,24,25 y 26*).

**Cuadro 23.** Resultado de Análisis Geotécnico de Arenisca según Mathewson en 1981

<b>Muestra Alterada 1: Arenisca</b>		
<b>Ubicación</b> x = 696 611 y = 9 577 778	Factor de esponjamiento	1,50
	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	2,5
	Energía de depositación	Alta a media
	Tamaño de grano (mm)	0,1 - 1
	Forma de los granos	Redondeada
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	2000
	Deformación	Plástica



**Cuadro 24.** Resultado de Análisis Geotécnico de Conglomerado según Mathewson en 1981

<b>Muestra Alterada 2: Micronglomerado</b>		
Ubicación x = 696 358 y = 9557 829	Factor de esponjamiento	1,50
	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	2,6
	Energía de depositación	Muy alta
	Tamaño de grano (mm)	2
	Forma de los granos	Redondeada
	Resistencia ( Kg/cm <sup>2</sup> )	1200
	Deformación	Plástica – elástica-plástica

**Cuadro 25.** Resultado Geotécnico de Análisis de Arcillolita según Mathewson en 1981

<b>Muestra Alterada 3: Arcillolita</b>		
Ubicación x = 696 5559 y = 557 684	Factor de esponjamiento	1,35
	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	2,7
	Energía de depositación	Baja
	Tamaño de grano (mm)	<0,004
	Forma de los granos	Redondeada
	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	700
	Deformación	Plástica – elástica

**Cuadro 26.** Resultado de Análisis Geotécnico de Lutita según Mathewson en 1981

<b>Muestra Alterada 3: Lutita</b>		
Ubicación y = 9 557 800 x = 696 615	Factor de esponjamiento	1,20
	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	2,5
	Energía de depositación	Baja
	Tamaño de grano (mm)	<0,002
	Forma de los granos	Redondeada
	Resistencia ( Kg/cm <sup>2</sup> )	600
	Deformación	Plástica – elástica



**Clasificación Geomecánica RMR según Bieniaswki 1989 para los diferentes afloramientos:**

En función a la distribución de los afloramientos que existen en la zona de estudio (Véase Mapa 2), para esta clasificación se identificó y caracterizó cuatro de los afloramientos existentes los cuales presentan características similares. La clasificación para los afloramientos es la siguiente:

**Cuadro 27.** Clasificación Geomecánica según Bieniaswki 1989 en Afloramiento 1

<b>Macizo Rocoso 1</b>	
<b>a. Parámetros de clasificación</b>	<b>Rango (Valores)</b>
• Resistencia de la Roca	12
• RQD	13
• Espaciado de la discontinuidades	08
• Condición de las discontinuidades	15
• Agua Subterránea	07
<b>Total =</b>	<b>55</b>
<b>b. Ajuste de orientación de discontinuidades</b>	<b>-25</b>
<b>RMR =</b>	<b>30</b>
<b>c. Tipo de Macizo Rocoso =</b>	<b>Malo</b>



<b>Condición de las discontinuidades</b>	
<b>Condición</b>	<b>Valor</b>
• Persistencia	6
• Abertura	0
• Rugosidad	6
• Relleno	2
• Meteorización	1
<b>Total =</b>	<b>15</b>



**Cuadro 28.** Clasificación Geomecánica según Bieniaswki 1989 en Afloramiento 6

<b>Macizo Rocos 2</b>	
<b>a. Parámetros de clasificación</b>	<b>Rango (Valores)</b>
• Resistencia de la Roca	12
• RQD	13
• Espaciado de la discontinuidades	10
• Condición de las discontinuidades	16
• Agua Subterránea	15
<b>Total =</b>	<b>66</b>
<b>b. Ajuste de orientación de discontinuidades</b>	<b>-50</b>
<b>RMR =</b>	<b>16</b>
<b>c. Tipo de Macizo Rocos 2 =</b>	<b>Muy Malo</b>



<b>Condición de las discontinuidades</b>	
<b>Condición</b>	<b>Valor</b>
• Persistencia	6
• Abertura	5
• Rugosidad	0
• Relleno	6
• Meteorización	3
<b>Total =</b>	<b>16</b>

**Cuadro 29.** Clasificación Geomecánica según Bieniaswki 1989 en Afloramiento 8

<b>Macizo Rocos 3</b>	
<b>a. Parámetros de clasificación</b>	<b>Rango (Valores)</b>
• Resistencia de la Roca	12
• RQD	20
• Espaciado de la discontinuidades	20
• Condición de las discontinuidades	18
• Agua Subterránea	00
<b>Total =</b>	<b>70</b>
<b>b. Ajuste de orientación de discontinuidades</b>	<b>-60</b>
<b>RMR =</b>	<b>10</b>
<b>c. Tipo de Macizo rocoso =</b>	<b>Muy Malo</b>





<b>Condición de las discontinuidades</b>	
<b>Condición</b>	<b>Valor</b>
• Persistencia	4
• Abertura	0
• Rugosidad	3
• Relleno	6
• Meteorización	0
<b>Total =</b>	<b>18</b>

**Cuadro 30.** Clasificación Geomecánica según Bieniaswki 1989 en Afloramiento 9

<b>Macizo Rocoso 1</b>	
<b>d. Parámetros de clasificación</b>	<b>Rango (Valores)</b>
• Resistencia de la Roca	12
• RQD	13
• Espaciado de la discontinuidades	10
• Condición de las discontinuidades	15
• Agua Subterránea	07
<b>Total =</b>	<b>57</b>
<b>e. Ajuste de orientación de discontinuidades</b>	<b>-25</b>
<b>RMR =</b>	<b>27</b>
<b>f. Tipo de Macizo Rocoso = Malo</b>	



<b>Condición de las discontinuidades</b>	
<b>Condición</b>	<b>Valor</b>
• Persistencia	6
• Abertura	0
• Rugosidad	6
• Relleno	2
• Meteorización	1
<b>Total =</b>	<b>15</b>

Es así que en el área de estudio se encontraron dos tipos de rocas; roca mala y roca muy mala de clase IV y V respectivamente. La roca mala corresponde a la zona norte y parte central de la zona de estudio cuyo terreno se compone de pendientes bajas y están compuestas en su mayoría por lutitas, estas zonas ocupan un total de 14,30 hectáreas que corresponde al 45,90%, del total del área de estudio. La roca muy mala de clase V

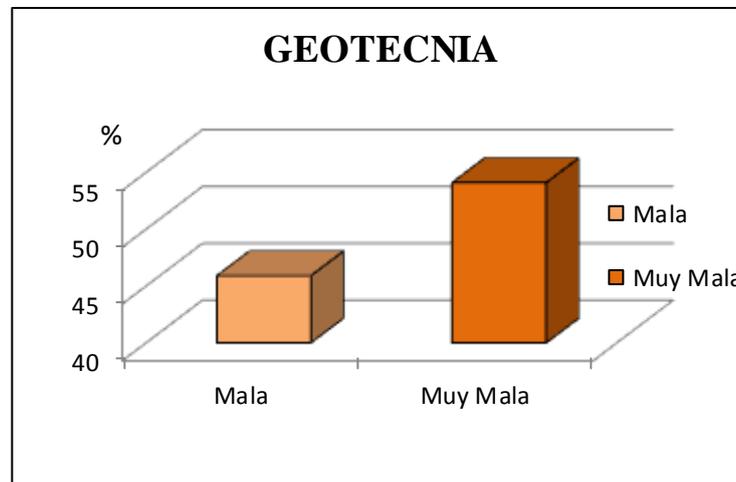


ocupan 16,85 hectáreas que representa el 54,09%, este tipo de roca se localiza en la parte central y sur del área, se trata de areniscas carbonatadas oxidadas con intercalaciones de arcillolita y microconglomerados , con pendientes de moderadas a altas que llegan hasta el 80%, en esta área se desarrolla la mayor parte las actividades agrícolas y ganaderas, además del asentamiento de infraestructura como vías y caminos, tanque de agua y una antena satelital los cuales han sido afectados por los movimientos en masa. (Véase Cuadro 31, Gráfico 8 y Mapa 7).

**Cuadro 31.** Calidad de Rocas del área de estudio.

<b>GEOTECNIA</b>			
<b>Tipo de Roca</b>	<b>Clase</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Mala	IV	14,30	45,90
Muy Mala	V	16,85	54,09

**Gráfico 8.** Representación Gráfica de la Geotecnia



El resultado para las rocas encontradas en el sector de estudio es el siguiente:

**Roca Mala.-** comprende un macizo rocoso suave y fracturado, con filtraciones de agua y meteorizado, lo cual genera problemas con su estabilidad.



**Roca Muy Mala.-** comprende un macizo rocoso muy suave, muy fracturado, con filtraciones importantes y enormemente meteorizado, presentando muchos problemas frente a su estabilidad y resistencia.

#### 4.2.7 Uso de Suelo

##### 4.2.7.1 Uso Actual del Suelo

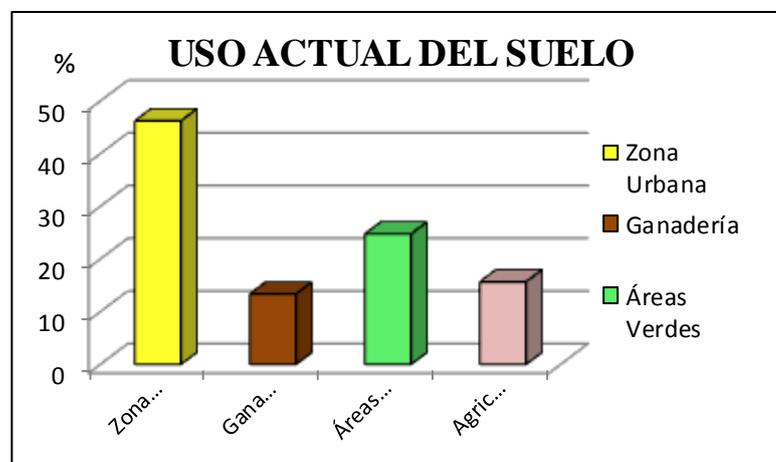
El uso actual del suelo del área de estudio, se caracteriza porque su mayor parte lo ocupa la zona urbana y las áreas verdes, y en menor porcentaje la agricultura. (Véase Cuadro 32, Gráfico 9 y Mapa 8).

A continuación se detallan los usos del suelo:

**Cuadro 32.** Tipos del uso actual del suelo en el área de estudio

USO ACTUAL DEL SUELO		
Tipo	Área (Ha)	Área (%)
Zona Urbana	14,39	46,20
Ganadería	4,16	13,35
Áreas Verdes	7,71	24,75
Agricultura	4,88	15,67

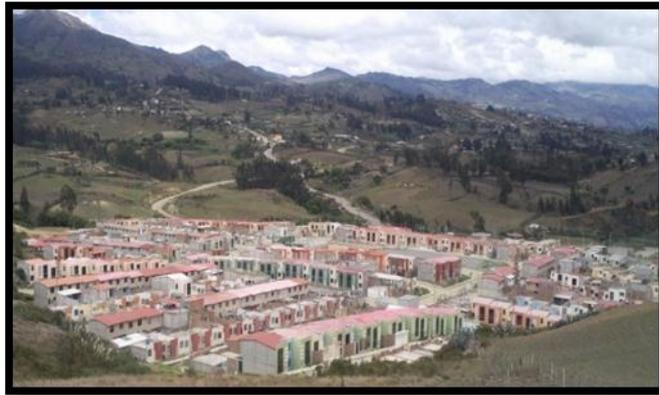
**Gráfico 9.** Representación Gráfica del Uso del Suelo





- **Zonas Urbanas.**

Se basa a las áreas ocupadas por la población en donde se encuentra específicamente la urbanización, la cual corresponden a un área de 14,39 hectáreas, que representan el 46,20% con respecto al área total de estudio (*Véase Foto 55*).



**Foto 55.** Urbanización Ciudad Victoria

- **Áreas Verdes.**

Las áreas verdes se localizan en diferentes zonas, como hondonadas, junto a los cauces de la quebrada, laderas de pendientes bajas y moderadas, entre los extensos pastizales. Las áreas verdes corresponden a una área de 7,71 hectáreas que representan el 24,75% (*Véase Foto 56*).



**Foto 56.** Áreas Verdes en el margen O de la zona de estudio



- **Agricultura**

Son las áreas ubicadas al sur de la zona de estudio y ocupadas por cultivos de maíz, este tipo de actividades comprenden un área de 4,88 hectáreas, que corresponden al 15,67 % del total del área de estudio (*Véase Foto 57*).



**Foto 57.** Cultivos en el margen S de la zona de estudio

- **Ganadería.**

Se refieren a las áreas ocupadas por las diferentes actividades ganaderas y ovinas, esta actividad productiva en su mayor parte comprende el cuidado y cría de ganado vacuno lechero y ovino, aprovechando pasturas naturales y cultivadas como es el “kikuyo” (*Pennisetum clandestinum*), esta actividad comprende un área de 4,16 hectáreas, que corresponden al 13.35% del total del área de estudio (*Véase Foto 58*).



**Foto 58.** Ganado vacuno en el margen S de la zona de estudio



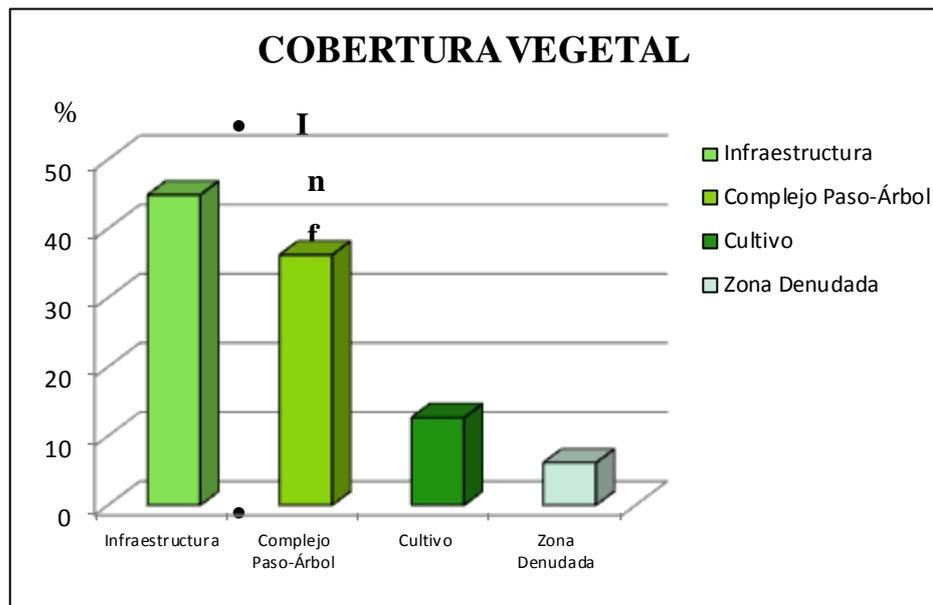
#### 4.2.7.2 Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal constituye un factor fundamental en las condiciones de estabilidad de un terreno, existe generación de mayores problemas de movimientos en masa en terrenos desnudos o cubiertos con vegetación herbácea, lo contrario ocurre en zonas con vegetación boscosa en donde las raíces contribuyen a la estabilidad del suelo. El sector de estudio se encuentra cubierto por diferente tipo de vegetación (Véase Cuadro 33, Gráfico 10 y Mapa 9), los mismos que se indican a continuación:

**Cuadro 33.** Tipos de Cobertura Vegetal en el área de estudio

COBERTURA VEGETAL		
Tipo	Área (Ha)	Área (%)
Infraestructura	13,98	44,88
Complejo Paso-Árbol	11,28	36,21
Cultivo	3,94	12,65
Zona Desnuda	1,91	6,13

**Gráfico 10.** Representación Gráfica de la Cobertura Vegetal





- **Infraestructura.**

Comprende a las construcciones civiles como casas, vías, tanque de agua y antena, se encuentran asentadas en su mayoría en las partes más bajas de la zona de estudio, y comprende un área de 13,98 hectáreas que representa 44,88% del total del área de estudio (*Véase Foto 59*).



**Foto 59.** Infraestructura en el margen E de la zona de estudio

- **Complejo Pasto – Árbol.**

Relaciona las amplias zonas de pastos y pequeñas extensiones de árboles que se localizan en sectores donde las pendientes son moderadas y corresponde a 11,28 hectáreas que representa el 36,21% con respecto al total del área de estudio (*Véase Foto 60*).



**Foto 60.** Complejo pasto – árbol en el margen S de la zona de estudio



### **Cultivo.**

Se refieren a áreas destinadas específicamente al cultivo de maíz que se ubican en la zona sur de la zona de estudio en laderas rectas, y comprende un área de 3.94 hectáreas que corresponde al 12,65% del total del área de estudio (*Véase Foto 61*).



**Foto 61.** Cultivos de Maíz en el margen S de la zona de estudio

- **Zona Denudada.**

Se ubican al oeste y sur de la urbanización. Estas zona son originadas por procesos antrópicos y de erosión durante el desarrollo del proyecto de urbanización, aquí se ubican casi todos los movimientos de masa originados en pendientes moderadas y altas por los cortes de talud, ocupan 1.91 hectáreas que representa el 6,13% del área total (*Véase Foto 62*).



**Foto 62.** Zonas denudadas el margen O de la zona de estudio

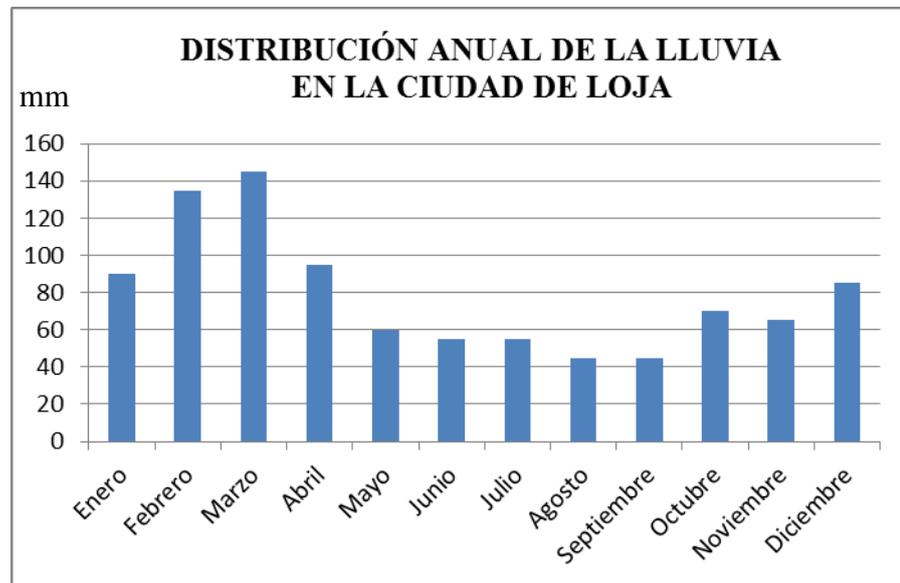


### 4.3 Análisis de factores desencadenantes

#### 4.3.1 Precipitaciones.

Las precipitaciones son consideradas como el factor presente en la mayoría de los movimientos en masa, puesto que inciden en el comportamiento geotécnico de los materiales geológicos creando los grados de susceptibilidad y amenaza.

“Es así que en la ciudad de Loja los valores de lluvia anual en 40 años, se han mantenido sin variaciones significativas fluctuando alrededor de los 900 mm/año y con un régimen de distribución bastante homogéneo (*Véase Gráfico 11*). Sin embargo, un análisis más detallado indica que llueve más en el período enero-abril (49 %, con 15 % de lluvia en marzo) y menos de la mitad de ese cuatrimestre en el período junio-septiembre (22 %, con septiembre como el mes más seco: 4,6 %). Y, si se analiza las medias mensuales extremas aparecen mayores contrastes: en 40 años se pasa de 317 mm en marzo (1993) a 6,1 mm en agosto (2002). La precipitación máxima absoluta en 24 horas es de 65,4 mm”<sup>7</sup>.



**Gráfico 11.** Distribución anual de la lluvia en la ciudad de Loja (promedio 1965-2005). Fuente: INAMHI

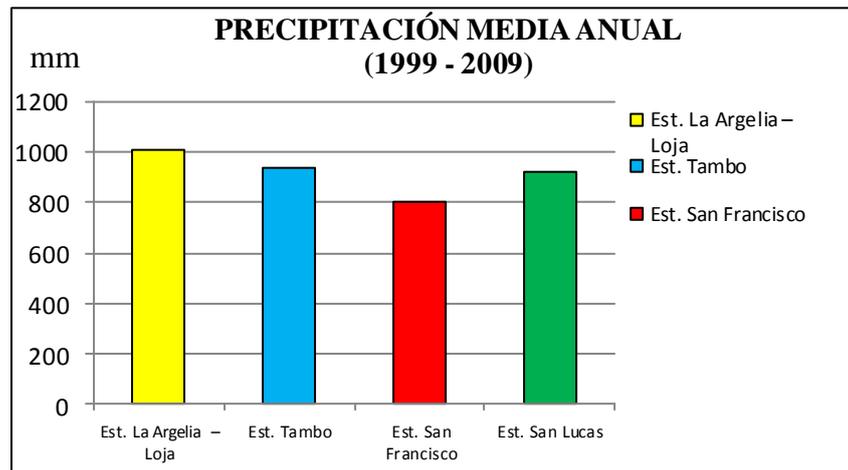
<sup>18</sup>INAMHI., 2005, Distribución anual de la lluvia en la ciudad de Loja



Para considerar los efectos de la precipitación en la zonificación de amenazas de la zona de estudio, es necesario determinar la precipitación media anual en la ciudad de Loja, registrada en los últimos 10 años en el período 1999 al 2009.

Para su determinación se tomó los resultados pluviométricos que registran las estaciones meteorológicas Est. La Argelia – Loja, 1009,8 mm/año, Est. Tambo – Catamayo, 940,7 mm/año, Est. San Francisco, 802,4 mm/año, y Est. San Lucas – Saraguro, 921,6 mm/año. (Véase Gráfico 12).

**Gráfico 12.** Precipitación media (1999-2009) de las Estaciones meteorológicas La Argelia – Loja, El Tambo – Catamayo, San Francisco, San Lucas – Saraguro.



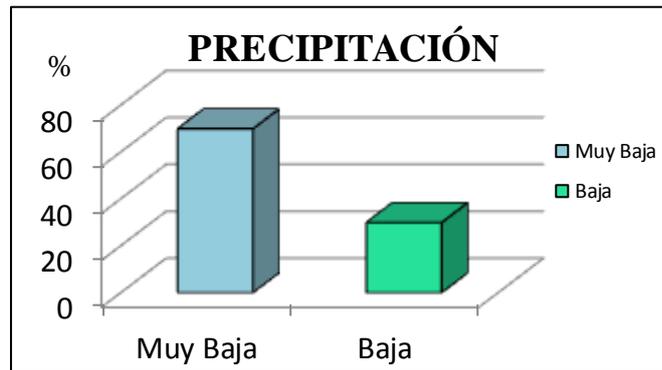
Valores que al corroborar con el mapa de Isoyetas de Loja da como resultado que en la zona de estudio las precipitaciones van desde 800mm a 1200 mm/año, considerando un grado de precipitación baja y muy baja respectivamente (Véase Cuadro 34, Gráfico 13 y Mapa 10).

**Cuadro 34.** Tipos de Precipitación en el área de estudio

PRECIPITACIONES		
Tipo	Variable (mm)	Área (%)
Muy Baja	800 - 1000	69.82
Baja	1000 - 1200	29.85



**Gráfico 13.** Representación Gráfica de la Precipitación



#### 4.3.2 Sismicidad

Los sismos son importantes en la ocurrencia de movimientos en masa, estos dependen mucho de la magnitud y de la naturaleza del terreno.

La sismicidad que presenta el Ecuador y en general el bloque norandino de Sudamérica está relacionada al proceso de subducción de la placa Nazca y la placa Sudamericana; de aquí se desprende el hecho que existan eventos interplaca (ceranos o sobre la zona de subducción) y eventos interplaca. Esta interacción de placas dan las características fisiográficas de los Andes.

“La zona sur del país presenta una peligrosidad sísmica media, dominada por fallas con una tendencia NE, que involucra a las fallas Tarqui, Girón y Celica-Macará (?), las cuales le dan el rumbo a las curvas de aceleración. En este sector (que incluye parte de la Cuenca de Alamor-Lancones) se da un importante cambio en la dirección de los Andes, esto es, de NE a NO (un rasgo estructural importante para el área es la falla Las Aradas con un rumbo casi N-S). Por tales circunstancias, el estilo de subducción para esta parte de Sudamérica se ve afectada y ello posiblemente se refleja en la actividad sísmica registrada en los últimos años”

Según el Catálogo Sísmico del Ecuador (Egred 1999), recopila la información existente acerca de los principales efectos de los terremotos en las ciudades del Ecuador, en donde la provincia de Loja registra sismos de intensidad mayores a VIII, además de la incidencia de terremotos con epicentros en el



norte del Perú como el de diciembre de 1970 de intensidad máxima IX en el país. A continuación un registro de los sismos ocurridos en la zona sur del país:

**Cuadro 35.** Registro de Sismos ocurridos en la Provincia de Loja  
**Fuente.** Instituto Geofísico Militar.

Fecha	Magnitud	Intensidad	Peligro Sísmico	Provincias Afectadas
1749	0.2 – 0.3	VIII	Medio	Loja
1913	0.2 – 0.3	VIII	Medio	Loja, Azuay
1953	0.2 – 0.3	VIII	Medio	Loja, norte del Perú
1970	0.3 – 0.4	IX	Medio	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú

“Según la información el peligro sísmico en esta región se consideró según la relación de Murphy & O’Brien (1977), en donde los valores obtenidos van de acuerdo con criterios unificados utilizados en aplicaciones ingenieriles. Las zonas de peligro alto corresponden a valores  $> 0.5$  g., peligro medio a valores entre 0.5 a 0.2 g. y una zona de peligro bajo a valores  $< 0.2$ g”<sup>19</sup>.

Considerando estos valores el área de estudio por hallarse cerca de zonas de fallamiento y según el mapa sísmico del Ecuador se localiza en una zona sísmica que presenta un grado medio de sismicidad, el cual representado en la escala de Richter tiene un rango de 0,2 – 0.4g de magnitud. Lo que significa que en el caso de la ocurrencia de un sismo de esta magnitud este puede sentirse pero los daños causados en la infraestructura son bajos, pero en terrenos inestables como es el caso del sector de estudio se podría generar nuevos movimientos en masa (*Véase Mapa 11*).

Para el análisis de la amenaza sísmica de la urbanización se asignó un solo peso para todo terreno, factor que no varía de un lugar a otro dentro de la misma zona para la ocurrencia de los posibles movimientos en masa.

<sup>19</sup>Egred., 1999, Catálogo Sísmico del Ecuador



Pero es importante mencionar que la cantidad de movimientos en masa generados variará en función a la calidad de roca y suelo, además estará en función a la velocidad de propagación de las ondas sísmicas sobre el terreno; en rocas con baja resistencia como lutitas las ondas llegarán de forma rápida, como es el caso de la zona norte y central de la urbanización, mientras que en rocas de muy baja resistencia como las areniscas carbonatadas, la velocidad será extremadamente rápida como es el caso de la zona sur del área de estudio.

“Debido a que los sismos son considerados como el factor de mayor liberación de energía y por tanto los mayores generadores de movimientos en masa, es importante a mencionar los postulados formulados por Hays en 1990 y aceptados por la UNDEO, para predecir el tipo de movimiento ocurrido y los daños causados”<sup>20</sup>. Estos se describen a continuación:

**❑ Postulado 1:**

**Cuadro 36.** Postulado 1 formulado por Hays en 1990

Un Sismo	
<b>De las siguientes características:</b>	<b>Puede generar:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Magnitudes &gt; 6</b></li> <li>• <b>Laderas &gt; 30°</b></li> <li>• <b>Materiales Limosos/Arcillosos</b></li> </ul>	Hasta 5000 fenómenos de remoción en masa.

**❑ Postulado 2:**

Hays establece la relación que considera la Magnitud ( $M_0$ ) y el Radio Sísmico  $R$ , el cual se basa en interrelación entre sismos – geotecnia.

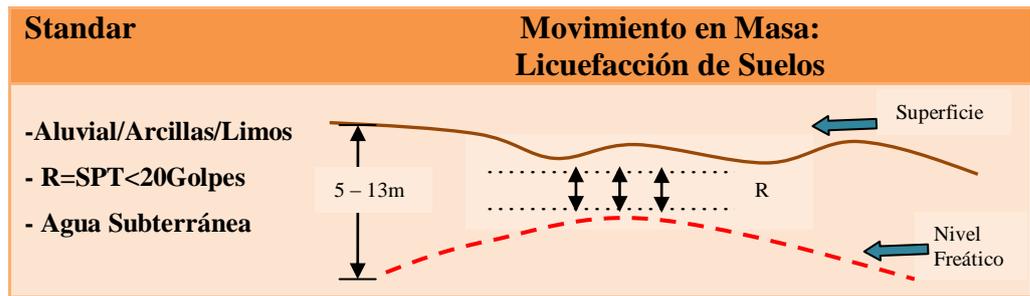
**Cuadro 37.** Postulado 2 formulado por Hays en 1990

Magnitud	Radio	Movimiento de Masa
<b>6.0</b>	1Km	Flujos
	5Km	Deslizamientos
	20Km	Desprendimientos

Ing. Michael Valarezo., 2009, Evaluación de Amenazas y Riesgos Geológicos



**Cuadro 38.** Postulado 2 formulado por Hays en 1990



#### 4.4 Zonificación de Amenazas Geológicas

##### 4.4.1 Análisis de Susceptibilidad a Movimientos en Masa

En base a las condiciones del terreno analizadas (Topografía, Geología, Geomorfología, Geotecnia y Cobertura Vegetal), se obtuvo el mapa de susceptibilidad que agrupa zonas con mayor o menor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, dividiéndose en cinco categorías que van desde muy alta a muy baja susceptibilidad (*Véase Cuadro 39 y 40, Gráfico 14 y Mapa 12*), las categorías se describen de la siguiente forma:

- **Susceptibilidad Media.**

Comprenden zonas medianamente susceptibles a que en ellas ocurran movimientos de masa y se caracterizan por presentar pendientes de 15 a 30% estos terrenos están ocupados por pastizales donde no se ha observado movimientos de masa, ocupando 3,11 hectáreas que corresponden al 9,98% del total del área de estudio.

- **Susceptibilidad Alta.**

Corresponde a zonas donde las condiciones del terreno son favorables para la ocurrencia de movimientos en masa, la compone la urbanización y toda el área donde se asienta la infraestructura y principalmente donde se va a expandir la urbanización además de zonas de pastizales, donde se presenta pendientes de entre 30 y 50%. Esta zona ocupa el 62,50% del total del área en estudio a lo cual le corresponde 19,47 hectáreas



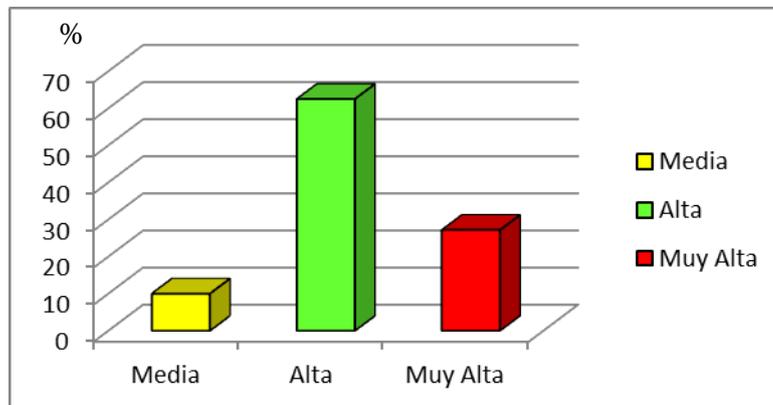
- **Susceptibilidad Muy Alta.**

Abarcan zonas muy susceptibles a que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por movimientos en masa. Se identifican por presentar: zonas denudadas con pendientes del terreno mayor al 50% influenciadas por los cortes indiscriminados, abarcan la zona donde ya han ocurrido movimientos en masa que se caracterizan por la presencia de bloques sueltos de roca muy fracturada, en. Estas áreas ocupan el 27,16% del total del área en estudio a lo cual le corresponde 8.46 hectáreas.

**Cuadro 39.** Grados de Susceptibilidad en la zona de estudio.

SUSCEPTIBILIDAD		
Grado	Área (Ha)	%
Media	3,11	9,98
Alta	19,47	62,50
Muy Alta	8,46	27,16

**Gráfico 14.** Representación Gráfica de la Susceptibilidad





**Cuadro 40.** Cuadro resumen del análisis de la susceptibilidad

Zona	Área (Ha)	Sector Urbano	Ordenamiento Territorial
<b>Media</b>	3,11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabilidad de pérdidas materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, entre otros.</li> <li>• Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos urbanos de baja densidad.</li> </ul>
<b>Alta</b>	19,47	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas en peligro.</li> <li>• Probabilidad de pérdidas de vidas humanas y materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibición de construcción.</li> <li>• Intervención del Municipio de Loja</li> <li>• Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.</li> </ul>
<b>Muy Alta</b>	8,46	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas en peligro.</li> <li>• Alta probabilidad de pérdidas de vidas humanas y materiales.</li> <li>• Colapso de estructuras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibición de Municipio de Loja.</li> <li>• Intervención Gubernamental</li> <li>• Sistemas de alerta temprana (SAT)</li> <li>• Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección.</li> </ul>



#### 4.4.2 Análisis de Amenaza a Movimientos en Masa

Para la interpretación de la amenaza a movimientos en masa fue necesario relacionar la susceptibilidad y el evento detonante (Precipitaciones y Sismos). El mapa de Amenazas contempla zonas con probabilidad de ocurrencia de Movimientos en Masa, dividiéndose en cinco categorías que van desde muy alta amenaza a muy baja amenaza (*Véase Cuadro 41 y 42, Gráfico 15 y Mapa 13*), dichas categorías se describen a continuación.

- **Amenaza Media.**

Corresponde a áreas que presentan un grado de amenaza media en las que existe la probabilidad de que en ellas ocurra o puedan ser afectadas por movimientos de masa, con pendientes que varían entre 15 y 30%. Estas zonas ocupan la zona norte de la urbanización y abarcan el área que rodea la vía principal de comunicación entre los barrios aledaños al sector; además se encuentran ocupando algunas áreas de producción de cultivos, se encuentran ocupando 8,68 hectáreas que corresponden al 28,67% del total del área de estudio.

- **Amenaza Alta.**

Abarcan zonas donde las condiciones del terreno son favorables para que se produzcan movimientos en masa especialmente en temporadas de lluvia y ocurrencia de sismos, se encuentran formando el terreno de la urbanización y parte del sector sur; además de zonas denudadas por los cortes de talud, presentan pendientes que van desde 30% a 50%. Esta zona ocupa el 45,82% del total del área en estudio a lo cual le corresponde 14,95 hectáreas.

- **Amenaza Muy Alta.**

Estas áreas se caracterizan por presentar condiciones muy desfavorables para la ocurrencia de movimientos en masa durante periodos de lluvia intensa y sismos por presentar muchas zonas denudadas, presentan pendientes que van de entre 50 y 80%, y comprenden laderas con roca muy fracturada y meteorizada. Estas áreas ocupan el 23,66% del total del área en estudio a lo

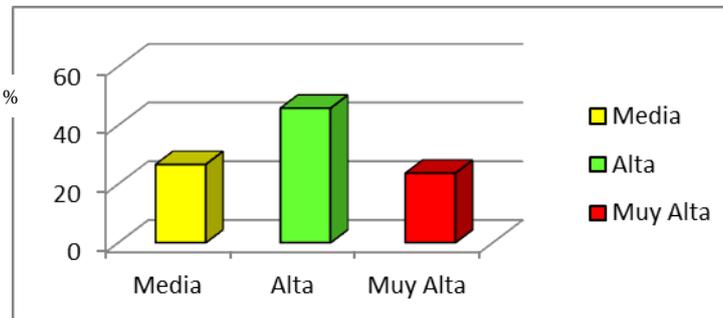


cual le corresponde 6,92 hectáreas. Por las características que presentan estas áreas, representan una amenaza potencial a las personas y demás actividades productivas.

**Cuadro 41.** Grados de Amenaza en la zona de estudio

AMENAZA		
Grado	Área (Ha)	%
Media	8,68	28,67
Alta	14,95	45,82
Muy Alta	6,92	23,66

**Gráfico 15.** Representación Gráfica de la Amenaza



**Cuadro 42.** Cuadro resumen del análisis de la amenaza

Zona	Área (Ha)	Sector Urbano	Ordenamiento Territorial
<b>Media</b>	8,68	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normas de exigencia para la construcción.</li> <li>• Para usos urbanos de baja densidad.</li> <li>• Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.</li> </ul>
<b>Alta</b>	14,95	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo fuera y dentro.</li> <li>• Personas en peligro</li> <li>• Pérdidas de vidas humanas.</li> <li>• Pérdidas materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibición de construcción.</li> <li>• Intervención del Municipio de Loja</li> <li>• Seguimiento y monitoreo.</li> <li>• Se toman medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.</li> </ul>
<b>Muy Alta</b>	6,92	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas en peligro.</li> <li>• Riesgo fuera y dentro.</li> <li>• Alta pérdida de vidas humanas.</li> <li>• Alta pérdidas materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prohibición de construcción por parte del Municipio de Loja.</li> <li>• Seguimiento y monitoreo.</li> <li>• Intervención Gubernamental</li> <li>• Sistemas de alerta temprana (SAT)</li> <li>• Se consideran como áreas de protección.</li> </ul>



## 5. DISCUSION

La Urbanización Ciudad Victoria presenta factores topográficos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que la definen como una zona propensa a movimientos de masa, pues la presencia de rocas sedimentarias de baja calidad y de suelos expansivos, se ven gravemente afectados por la acción antrópica, erosión, escorrentía e infiltración, tal como se da en otros sectores de la ciudad como es el caso del barrio Vicente Rocafuerte, que al igual que en el sector de estudio no se realizaron valoraciones de la calidad de los materiales sobre los que se ubicaron las zonas pobladas o cualquier tipo de infraestructura.

Con los antecedentes de un terreno poco estable y no apto para la construcción, es muy factible que los factores antrópicos y meteorológicos desencadenen los movimientos de masa, pudiendo ocasionar pérdidas humanas, económicas y ambientales.

Las estructuras lineales tales como vías, carreteras y caminos vecinales modifican la topografía y el ángulo de reposo natural mediante los cortes de talud que se realizan para su construcción. Las edificaciones que al estar construidas sobre terrenos muy inestables se ven afectadas por movimientos de masa que se ven reflejados principalmente en la aparición de grietas de considerable magnitud, y la construcción del tanque de agua potable que genera sobrecarga al terreno por el material del que está construido y por su capacidad de agua.

Otro aspecto importante es el uso del suelo, que a su vez tiene dos componentes importantes, el primero es la distribución de la vegetación, lo cual no es un componente relevante en la ocurrencia de movimientos de masa; el segundo es el uso en si del suelo empleado para la ganadería y agricultura, convirtiéndose esta última en el componente que incrementa la probabilidad de que se produzcan movimientos de masa, debido al constante riego que necesita para su desarrollo.

Los aporte de agua son un elemento que tiene gran incidencia en los movimientos de masa, tal como sucede en el área de estudio y en las vías de primer orden (Loja –



Malacatos; Loja – Zamora; Loja – Catamayo y Loja - Cuenca), en las que este elemento aporta significativamente a la activación de reptaciones que se manifiestan como hundimientos y deformaciones a lo largo de estas vías.

Por otra parte, debido a las condiciones económicas comunes de los habitantes de los sectores, éstos se ven en la necesidad de aceptar las ofertas para adquirir terrenos o viviendas por su bajo costo, facilidades de pago y por la falta de asesoramiento técnico, acerca de las condiciones del terreno en las que se construyeron sus viviendas y las consecuencias que estos factores ignorados pueden generar a largo plazo

Como es de conocimiento general, en los últimos años en varios sectores de la ciudad de Loja se vienen produciendo innumerables movimientos de masa, debido a la falta de Ordenamiento Territorial por parte de los Gobiernos Centrales que permiten la construcción de nuevas urbanizaciones sin un diagnóstico técnico responsable, e ignorando las consecuencias que estos actos ocasionarán en el futuro.



## 6. CONCLUSIONES

- ✧ La zona de estudio que abarca 31.15 Ha, presenta una topografía irregular con elevaciones que van desde 2200 a 2315m.s.n.m, la cual se ve modificada por los cortes de talud hechos durante expansión de la urbanización Ciudad Victoria.
- ✧ El área de estudio se encuentra compuesta por rocas sedimentarias blandas como areniscas cuarzosas y líticas en un 80%, arcillolitas en un 10% y conglomerados en un 5%, las cuales se presentan muy meteorizadas.
- ✧ Las estructuras geológicas como fracturas, fallas y microfallas determinan que el área de estudio está sometida a fuerzas de compresión, tensión y cizalla, constituyéndose como el factor que incide de manera significativa para la generación de movimientos en masa.
- ✧ El sector de estudio por presenta pendientes altas en un 3,50%, medias en un 15,57% y bajas en un 83,82%, contribuye para la formación de movimientos en masa.
- ✧ La zona de estudio presenta cinco movimientos en masa de gran magnitud cuya masa desplazada indican volúmenes de entre 100 y 1000m<sup>3</sup>, constituidos como caída de roca y deslizamientos, los mismos que tuvieron su origen durante la realización de cortes indiscriminados de talud a lo largo del sector, los cuales dejaron expuesta a la roca a agentes meteóricos.
- ✧ El sector en su mayoría zonas planas onduladas en donde se asientan las viviendas de la urbanización en un 51.20%, laderas irregulares suaves en un 29.53%, laderas regulares suaves en un 12,32% y por presentar escarpes de talud de vía en un 3,63%, la zona sur del sector se ve expuesta a la erosión.
- ✧ El terreno se compone de suelos areno arcillosos de tipo A – 2 – 6, por presentar contenidos de arena en un 37.97%, limo en un 24.70% y arcillas en un



38.20%, humedad en un 40%, límite plástico y líquido alto en un 50% y una resistencia de 0.7MPa, lo cual caracteriza a estos suelos como blandos..

- ✧ El área de estudio presenta un macizo rocoso compuesto de areniscas, arcillolita y conglomerado de baja resistencia de entre 70 a 200 MPa, muy fracturado y meteorizado, con infiltraciones importantes de agua, lo cual caracteriza a la roca de calidad mala y muy mala.
- ✧ El uso actual del suelo del área de estudio se caracteriza porque su mayor parte lo ocupa la zona urbana en un 46,20% y las áreas verdes en un 24,7 y en menor porcentaje agricultura en un 13,35 y ganadería en 15,67%, lo cual permite conocer que estas actividades generan inestabilidad de los terrenos altos en donde se riegan los cultivos por la humedad.
- ✧ Las precipitaciones fluctúan alrededor de los 800mm a 1200 mm/año, considerando que llueve más en el período enero-abril en un 49 %, con 15 % de lluvia en marzo, lo cual influye significativamente para la generación de movimientos en masa durante el mes más lluvioso.
- ✧ El sector de estudio se encuentra en una zona de sismicidad media, lo cual indica que ante la ocurrencia de un sismo en la zona de estudio se generaran nuevos movimientos en masa, influenciados por la velocidad de propagación de las ondas sísmicas sobre rocas de baja resistencia.
- ✧ El área de estudio presenta grado de susceptibilidad alta en mayor porcentaje representada por el 62,50% y que comprende el terreno de la urbanización, susceptibilidad muy alta un 28,67% donde se desarrolla la agricultura y ganadería y susceptibilidad media en un 9.98%.
- ✧ El sector de estudio se caracteriza por presentar zonas de amenaza alta que corresponde al 45,82% que abarca el terreno donde se asienta las viviendas, vías y tanque de agua de la urbanización, zonas de amenaza muy alta en un 23,68 que equivalen a áreas de expansión de la urbanización y de amenaza media en un 28,67% donde se realizan áreas productivas.



## 7. RECOMENDACIONES

- Debido a que la construcción de infraestructura se sigue realizando en el sector, se deben realizar estudios geológicos y geotécnicos a detalle para la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector.
- Desarrollar estudios hidrogeológicos y de estabilidad de taludes para implementar medidas con soluciones a mediano y largo plazo.
- Realizar un estudios sobre cimentaciones, con la finalidad de que la infraestructura a construirse tenga bases más resistentes y de esta manera evitar los daños que actualmente presentan las viviendas.
- Debido a que el margen oeste de la zona de estudio los cortes de talud alcanzan pendientes mayores a  $90^\circ$ , se debe terracear en la parte superior del estos, reduciendo la pendiente hasta en  $50$  o  $40^\circ$ . Además se debe colocar cunetas laterales de hormigón de aproximadamente  $50\text{cm}$  de ancho en el pie del talud, con la finalidad de que el material que se deslice puede ser desalojado, además de que permitirá reducir la humedad de la roca.
- Construir drenes de  $50\text{cm}$  de ancho y  $1.20$  de profundidad forrados con geomembrana en todo el margen sur del sector, con la finalidad de reducir la humedad del terreno de la urbanización, pues por gran cantidad que baja de la laderas de la zona sur de la urbanización se infiltran debido a que son recogidas únicamente por zanjas, que más bien favorecen a la filtración a la infiltración de agua lluvias.
- Debido a la presencia de quebradas naturales que atraviesan las vías del sector, se debe implementar el alcantarillado pluvial con el un diámetro necesario para que estas vertientes puedan seguir su curso natural y causen luego problemas mayores en el margen sur de la urbanización.



- Por la presencia de acuíferos al margen oeste de la urbanización se deben construir un canal en este sector para dirigir estas hacia el alcantarillado pluvial.
- Construir muros resistentes en la zona sur del sector de por los menos 40cm de grosor, para evitar movimientos de tierra en esta zona y evitar pérdidas humanas y económicas.
- Capacitar a los moradores del sector para que estos desarrollen sus actividades productivas en sectores estables, y no en sectores donde incrementen la inestabilidad del terreno y puedan dar origen a nuevos movimientos en masa.
- Se recomienda que el mapa de amenaza se utilice con fines de ordenamiento o planificación territorial, con el fin de que se considere la reubicación de viviendas, su reforzamiento y el manejo de aguas lluvias.
- Organizar, difundir y emprender acciones de información sobre las zonas de mayor ocurrencia de movimientos de masa del sector de estudio para evitar las pérdidas humanas, económicas y ambientales.



## 8. BIBLIOGRAFIA

### Libros:

- ✧ AYALA-CARCEDO, F. (2002). Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG.
- ✧ CABRERA Omar. 1999. Guía Didáctica de Botánica de la U.T.P.L. modalidad a Distancia. Editorial UTPL. Loja – Ecuador.
- ✧ CAÑADAS, Luis Mapa Ecológico y Bioclimático del Ecuador MA-Pronareg 1983.
- ✧ Consorcio Binacional (2003); Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Catamayo – Chira. Estudio de Caracterización Territorial.
- ✧ COROMINAS, (2003), Integrated Landslide Susceptibility Analysis and hazard Assessment in the Principality of Andorra. Nat. Hazards, 30, 421-435.
- ✧ HUTCHINSON, (1968), Mass Movement. In The. Encyclopedia of Geomorphology (Fairbridge, R.W., ed., Reinhold Book Corp., New York, pp. 688-696. 3.1 Cawqacrídas.
- ✧ PERSPECTIVAS DEL MEDIO AMBIENTE URBANO: GEO Loja
- ✧ VARNES, (1978), Slope movement types and processes. In Landslides, analysis and control. R.L. Schuster & R.J. Krizek eds. National Academy of Sciences. Washington D.C. 176, 11-33.



- VIVAR Francisco y MERINO Bolívar. 1998. Inventario de las Plantas del Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”. Imprenta Cosmos. Loja – Ecuador.

**Revistas:**

- ✧ BARBERENA Pares, Isabel M, 2000. “Manual práctico de planificación urbana para la zonificación y el control del uso de suelo en los municipios de Nicaragua”, Managua.
- ✧ CAÑADAS, Luis, (1983), Mapa Ecológico y Bioclimático del Ecuador MA-Pronareg
- ✧ GUERREO César (1993), Árboles Nativos de la Provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoiris. Loja – Ecuador
- ✧ Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Swards, D., Egüez, A., Peterson, D.E., Helg, U. y Hammer, C. (2002). Earth-Science Reviews, 57, 75-124.
- ✧ Kennerley, J.B. (1980). Overseas Geology and Mineral Resources, 55, 17 p.
- ✧ Kennerley, J.B. y Almeida, L. (1973). Mapa geológico de Ecuador, hoja de Gonzanamá (57) 1:100.000. Instituto Geográfico Militar.
- ✧ Kennerley, J.B. y Almeida, L. (1975). Mapa geológico de Ecuador, hoja de Loja (56) 1:100.000. Instituto Geográfico Militar.
- ✧ Laffaldano, G. y Bunge, H.P. (2008). Geology, 36, 443-446.
- ✧ TIRIRA Diego (1999), Mamíferos del Ecuador. GM. Láser. Quito Ecuador.
- ✧ SISE Servicio de Información Socioeconómica del Ecuador



- ✧ VIVAR Francisco y MERINO Bolívar, (1998), Inventario de las Plantas del Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”. Imprenta Cosmos. Loja – Ecuador.

**Sitios Web:**

- [www.geovirtual.cl/geologíageneral](http://www.geovirtual.cl/geologíageneral)
- [www.ingenieríageologica.com](http://www.ingenieríageologica.com)
- [www.mineranet.com.ar/educa.asp](http://www.mineranet.com.ar/educa.asp)



# 9. ANEXOS



**Anexo 1.** Formato de campo para la descripción de afloramientos

DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO										
AFLORAMIENTO:					<b>FIGURA.</b>					
CORRDENADAS: X = Y = Z=										
DIMENSIONES: l= a=										
RELIEVE:										
VEGETACION:										
PERFIL LITOLOGICO DEL AFLORAMIENTO										
ORDEN DE CAPA	POTENCIA	LITOLOGIA	GRANULOMETRIA				ORIENTACION	PALEOCORRIENTE	FOSILES	DESCRIPCION
			ARCILLA	LIMO	ARENA	GRAVA				



"Zonificación de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa que permita el Ordenamiento Territorial en la Urbanización Ciudad Victoria de Loja"

**Anexo 2. Formatos de campo para Inventario de Movimientos en Masa.**

HOJA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA													
LOCALIZACION GEOGRAFICA Y DOCUMENTAL DEL EVENTO													
POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS				REFERENTES GEOGRAFICOS							
PAIS	ECUADOR	X =											
PROVINCIA	LOJA	Y =											
CIUDAD	LOJA	Z =											
LOCALIDAD	URBANIZACION												
CIUDAD VICTORIA													
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO								LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA					
FECHA DE OCURRENCIA		ESTADO	ESTILO			DISTRIBUCION			DESCRIPCION				
ULTIMO MOVIMIENTO		ACTIVO	UNICO			RETROGRESIVO			Material arcillosos con alto contenido de humedad, coloracion café rojizo por presencia de oxidos de hierro, pendiente pendiente mayor al 30%				
ANTERIORES		REACTIVO	SUCCESIVO			PROGRESIVO							
EDAD (años)		LATENTE	MULTIPLE			ENSANCHANDOSE							
		ESTABILIZ.				CONFINADO							
		RELICTO				ENJAMBRE							
CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO													
TIPO DE MOVIMIENTO		MATERIAL				OTRAS CARACTERISTICAS				VELOCIDAD			
CAIDA													
VOLCAMIENTO		ROCA		1%	2%	SECO		RESIDUAL		MOVIMIENTO CANALIZADO		EXTR. RAPIDO (>5m/s)	
DESPLAZAMIENTO ROTACIONAL		DETRITOS				LIG. HUMEDO		SEDIMENTARIO		MOVIMIENTO NO CANALIZADO		MUY RAPIDO (>3m/min)	
DESPLAZAMIENTO TRASLACIONAL		TIERRA				HUMEDO		COLUVIAL		LICUACION		RAPIDO (>1,8m/hr)	
PROPAGACION LATERAL		SUELOS INGENIERIA				MUY HUMEDO		VOLCANICO		OTRA...DESCRIBIR		MODERADO (>13m/mes)	
REPTACION		BLOQUE				MOJADO						LENTO (>6m/año)	
COLAPSO		CANTOS				PLASTICIDAD		TIPO SUELO SEDIMENTARIO				MUY LENTO (>16mm/año)	
FLUJO		GRAVA				ALTA						EXT. LENTO (<16mm/año)	
		ARENA				MEDIA		CLASIFICACION USCS		CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO			
		FINOS				BAJA				SISTEMA DE CLASIFICACION			
		M.O				NO PLASTICO		Suelo arcilla limoso		Deslizamiento Rotacional			
										NOIMBRE DEL MOVIMIENTO			
MORFOMETRIA													
GENERAL			DIMENSIONES				DEFORMACION DEL TERRENO				GEOFORMA		
DIFERENCIA DE ALTURA CORONA A PUNTA (m)			PROFUNDIDAD DE SUPERFICIE DE FALLA, Dr (m)				MODO				SEVERIDAD		
LONGITUD HORIZONTAL CORONA A PUNTA (m)			ANCHO DE LA SUPERFICIE DE FALLA Wr (m)				ONDULACION				LEVE		
PENDIENTE DE LADERA EN POST-FALLA (°)			LONGITUD DE SUPERFICIE DE FALLA Lr (m)				ESCALONAMIENTO				MEDIA		
PENDIENTE LADERA EN PRE FALLA (°)			ESPESOR DE MASA DESPLAZADA Dd (m)								PRONUNCIADA		
DIRECCION DEL MOVIMIENTO (°)			ANCHO DE MASA DESPLAZADA Wd (m)								SEVERA		
AZIMUT DEL TALUD (°)			LONGITU DE MASA DEPLAZADA Ld (m)								MUY SEVERA		
			LONGITUD TOTAL, L (m)										
CAUSAS DEL MOVIMIENTO								COBERTURA Y USO DEL SUELO					
		C	C	D				D	TIPO COBERTURA		%	TIPO DE USO	
MATERIAL PLASTICO DEBIL					MOVIMIENTO TECTONICO			SOCAVACION DE PATA DEL TALUD POR		VEG. HERBACEA		GANADERIA	
MATERIAL SENSIBLE					SISMO M E De P			OLEAJE		BOSQUE SELVA		AREA PROTEGIDA	
MATERIAL COLAPSIBLE					ERUPCION VOLCANICA			SOCAVACION DE MARGENES DE LOS RIOS		MATORRALES		AGRICOLA	
MATERIAL METEORIZADO					LLUVIAS mm24h mm48h mm72h			EXCAVACION DE LA PATA DEL TALUD		CUERPO DE AGUA		RECREACION	
MATERIAL FALLADO POR CORTE					VIENTO			CARGA EN LA CORONA DEL TALUD		CULTIVOS		ZONA ARQUEOLOGICA	
MATERIAL FISURADO O AGRIETADO					DESHIELO			EROSION SUBTERRANEA (DISOLUCION,		CONSTRUCCIONES		ZONA INDUSTRIAL	
ORIENTACION DESFAVORABLE DE DISCONTINUIDADES					AVANCE-RETROCESO DE GLACIALES			TUBIFICACION, IRRIGACION		SIN COBERTURA		VIVIENDA	
CONTRASTE EN PERMEABILIDAD DE MATERIALES					ROMPIMIENTO DE LAGOS EN CRATERES			MANTENIMIENTO DEFICIENTE SISTEMA				VIAS	
CONTRASTE DE RIGIDEZ DE MATERIALES					ROMPIMIENTO DE PRESAS			DE DRENAJE				MINERIA	
METEORIZACION POR CONGELAMIENTO-DESHIELO					DESEMBALSE RAPIDO DE PRESAS			ESCARPES DE AGUA DE TUBERIA		NOTAS			
METEORIZACION POR EXPANSION-CONTRACCION					EROSION DE PATA DE TALUD POR			MINERIA		C CONDICIONANTE			
DEFORESTACION O AUSENCIA DE VEGETACION					GLACIALES			DISPOSICION DEFICIENTE DE ESCOMBROS		mm24h lluvia acumulada en las 24 horas antes del movimiento			
					SOCAVACION DE PATA DE TALUD POR			VIBRACION ARTIFICIAL (TRAFICO,		M magnitud del sismo, E Escala del sismo (Ml, Ms, Mb, Mw),			
					CORRIENTE DE AGUA			EXPLOSIONES, HINCADO DE PILOTES)		De distancia al epicentro (Km), P profundidad (Km)			



**Anexo 3.** Ficha Para la Descripción de Geomorfología

<b>PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS</b>							
<b>CÓG.</b>	<b>PAISAJE MORFOLÓGICO</b>	<b>SUBPAISAJE</b>	<b>ELEMENTOS DEL PAISAJE</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>FORMA</b>	<b>LONGITUD %</b>	<b>PROCESOS GEOMORFOLÓGICO</b>



"Zonificación de Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa que permita el Ordenamiento Territorial en la Urbanización Ciudad Victoria de Loja"

**Anexo 4. Formatos de campo para la Caracterización Geotécnica**

HOJA DE CAMPO PARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA RMR												
NOMBRE DEL PROYECTO:	COORD.		HORA	FECHA			CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES					
ZONIFICACION DE AMENAZAS GEOLOGICAS	X =						CONTINUIDAD		SET 1	SET 2	SET 3	SET 4
POR MOVIMIENTOS EN MASA	Y =						MUY BAJA	< 1m				
LUGAR DE ESTUDIO: URBANIZACION	Z =						BAJA	1 - 3m				
CIUDAD VICTORIA	RESISTENCIA A LA COMPRESION						MEDIA	3 - 10m				
RECOLECTADO POR:	DIAGNACION	COMPRESION	CARGA DE		RQD %		ALTA	10 - 20m				
MARIA GONZALEZ		UNIAXIAL Mpa	PUNTA Mpa				MUY ALTA	> 20m				
AZUCENA VILLALTA	MUY MALA	>250	>10		EXLENTE	90-100	SEPARACION DE LAS DISCONTINUIDADES					
NUMERO DE AFLORAMIENTO: 1	ALTA	100-250	4 - 10		BUENA	75-90	MUY PEGADAS	< 0.1mm				
GEOLOGIA	MEDIANA	50-100	0 - 4		REGULAR	50-75	PEGADAS	0.1 - 0.5mm				
COLUMNA ESTRATIGRAFICA	MODERADA	25-50	1 - 2		POBRE	25-50	LIGERAMENTE ABIERTAS	2.5 - 10m				
	BAJA		100-250		MUY POB.	25<	MUY ABIERTA	> 10m				
	MUY BAJA						RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES					
	RUMBO Y BUZAMIENTO						MUY RUGOSA					
	SET 1	RUMBO	AZ. BUZA.		BUZAMT.		RUGOSA					
	SET 2	RUMBO	AZ. BUZA.		BUZAMT.		LIGERAMENTE RUGOSA					
	SET 3	RUMBO	AZ. BUZA.		BUZAMT.		PULIDA					
	SET 4	RUMBO	AZ. BUZA.		BUZAMT.		MUY PULIDA					
	ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						RELLENO					
	MUY AMPLIO	>2	SET 1	SET 2	SET 3	SET 4	TIPO					
	AMPLIO	0.6-2m					0 - NO EXISTE		ESPESOR			
	MODERADO	200-500m					1 - ARCILLA		RESIST. A LA COMP Mpa			
	CERRADO	50-200m					2 - LIMO		FILTRACION			
	MUY CERRADO	51-200m					3 - ARENA					
	FILTRACIONES DE AGUA						4 - ROCA TRITURADA					
	FLUJO POR CADA 10m DE LONGT.		Vmin	condiciones generales			5 - OXIDO DE HIERRO					
	PRESION DE AGUA		Kpa	(completamente seco, humedo, goteo,			6 - SUCID. SUPERL.					
				flujo con alta y baja presion			7 - CUARZO					
ESQUEMA							8 - CALCITA					
							9 - OTROS					
	ESFUERZOS IN SITU						GRADO DE METEORIZACION DE LA ROCA					
							SANA					
							LIGERAMENTE METEORIZADA					
							MODERADAMENTE METEORIZADA					
							ALTAMENTE METEORIZADA					
							COMPLETAMENTE METEORIZADA					
							SUELO RESIDUAL					
							ESTRUCTURAS MAYORES					
							ABCISA					
							TIPO					
							ORIENTACION					



## Anexo 5. Resultados de los análisis de Laboratorio

### Anexo 5.1 Análisis de Suelos tomado del EIA del Proyecto de Ciudad Victoria

#### a) Análisis físico

Muestra	pH	M.O	Elementos disponibles		
	1:25		N	P205	K20
<b>805</b>	Lige alcalino	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo
<b>806</b>	Lige alcalino	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio
<b>807</b>	Media alcalino	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Medio
<b>808</b>	Media alcalino	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio

#### b) Análisis químico y de fertilidad

Muestra	pH	M.O	Elementos disponibles ug/ml o ppm		
	1:25	%	N	P205	K20
<b>805</b>	7.20	1.70	21.25	1.49	115
<b>806</b>	7.79	1.62	20.25	1.49	153
<b>807</b>	8.22	1.99	24.87	2.40	155
<b>808</b>	8.20	1.74	21.75	1.49	153

#### c) Interpretación de los resultados

Muestra	Análisis mecánico			Clase textural
	Arena	Limo	Arcilla	
<b>805</b>	24	21.28	59.72	<b>Arcilla</b>
<b>806</b>	38	25.28	36.72	<b>Fran Arc</b>
<b>807</b>	50	21.28	28.72	<b>FoArAo</b>
<b>808</b>	42	31.28	26.72	<b>Fran Arc</b>



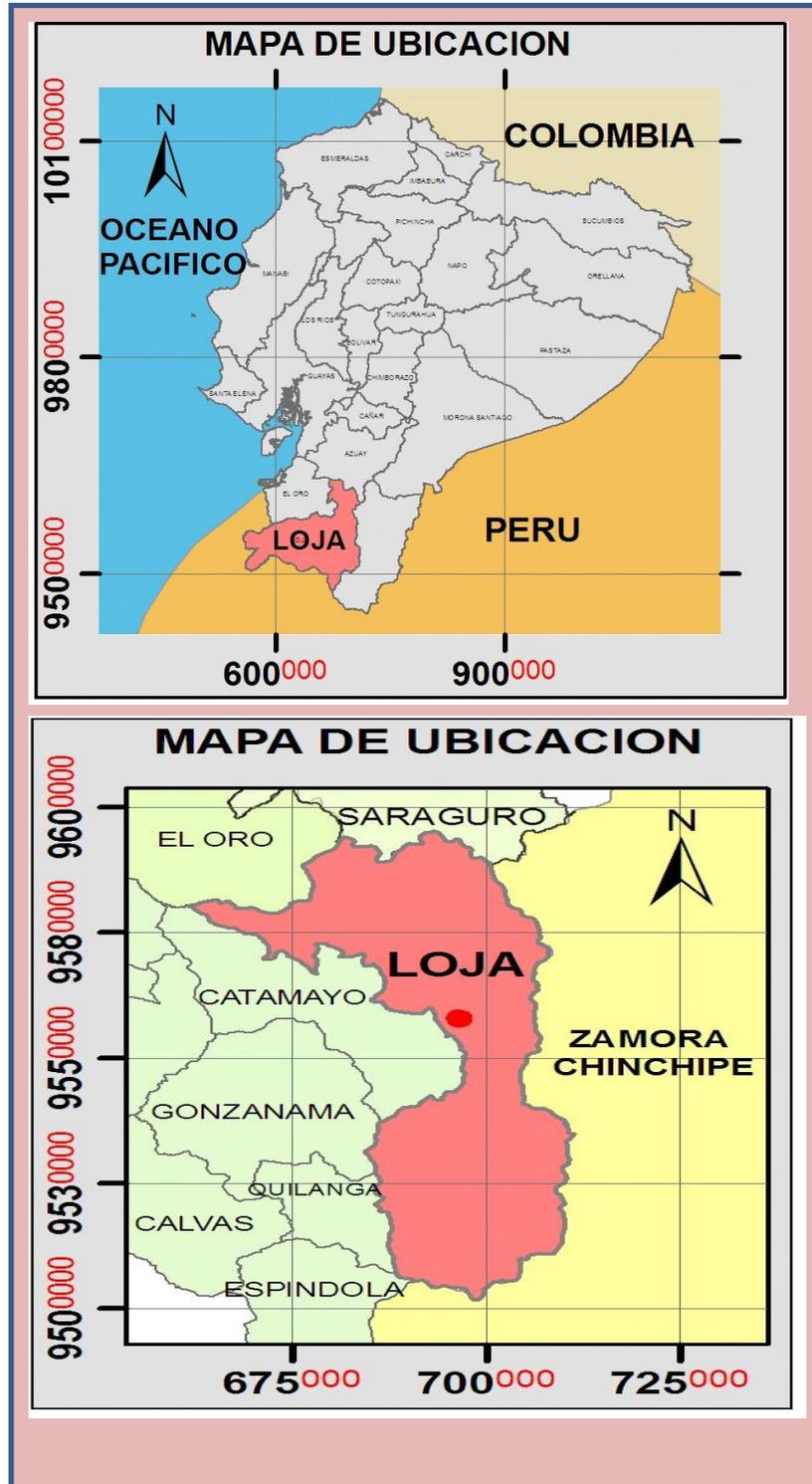
**Anexo 6.** Fotografía Aéreas N° 242 de la Ciudad de Loja





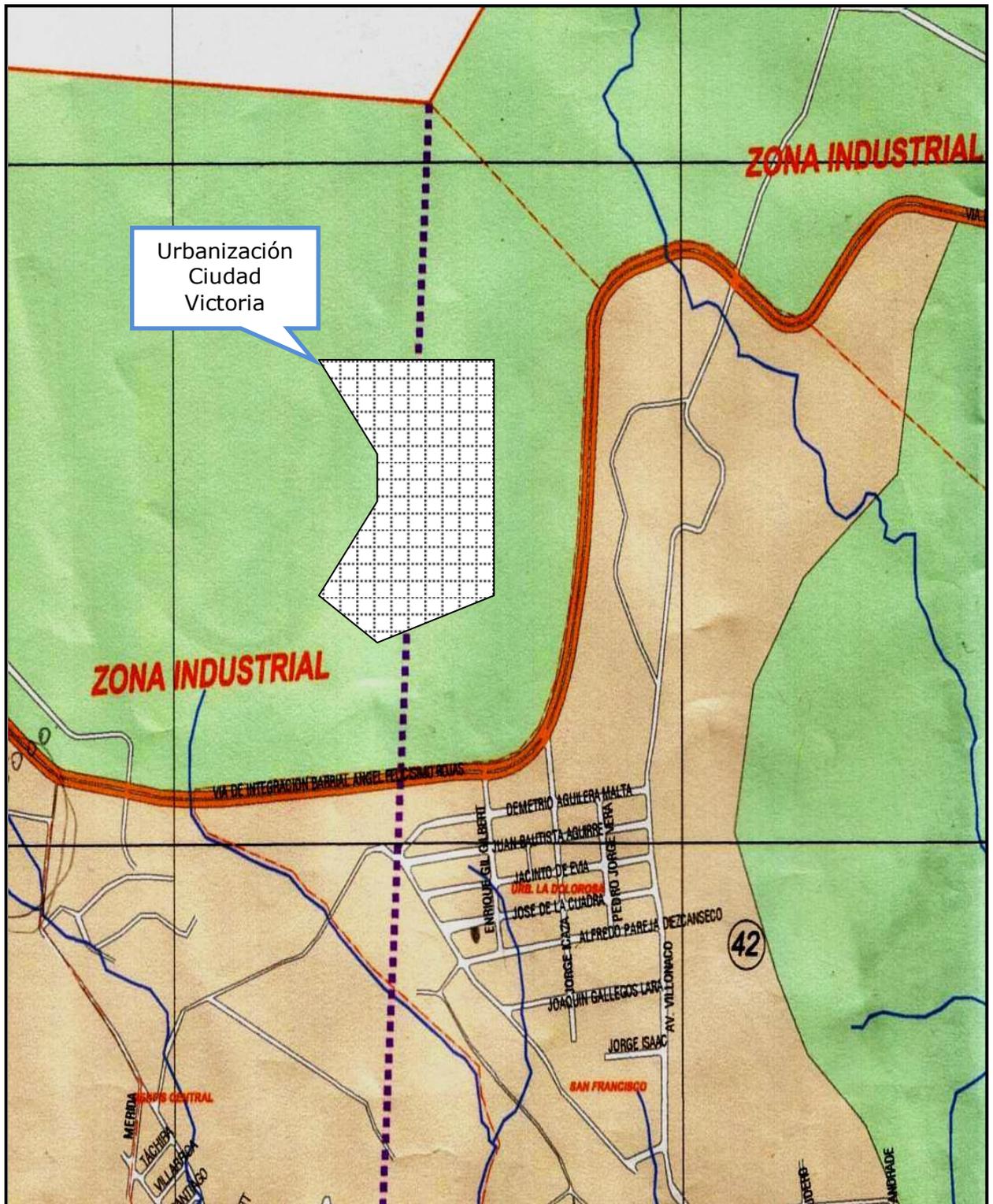
Anexo 7. Mapas Generales de Ubicación

Anexo 7.1. Mapa de Ubicación con respecto al Ecuador y al cantón Loja





Anexo 7.2. Mapa de Ubicación del sector de estudio con respecto a la ciudad.





# MAPAS