UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

"ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO "9 DE DICIEMBRE", PERTENECIENTE AL CANTÓN CELICA DE LA PROVINCIA DE LOJA, COMO BASE PARA SU ORDENAMIENTO TERRITORIAL"

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

GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

AUTORES:

- ATARIHUANA SANDOVAL CELSO XAVIER
- ORTIZ TORRES ÁNGEL WLADIMIR

DIRECTOR:

ING. NIXON CARLOMAGNO CHAMBA TACURI

LOJA - ECUADOR

2009

"ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO "9 DE DICIEMBRE", PERTENECIENTE AL CANTÓN CELICA DE LA PROVINCIA DE LOJA, COMO BASE PARA SU ORDENAMIENTO TERRITORIAL"

CERTIFICACIÓN

Ing. Nixon Carlomagno Chamba Tacuri, Director de la tesis de grado que versa:

"ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO "9 DE DICIEMBRE", PERTENECIENTE AL CANTÓN CELICA DE LA PROVINCIA DE LOJA, COMO BASE PARA SU ORDENAMIENTO TERRITORIAL"

CERTIFICA:

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

Loja, Octubre 2009

Ing. Nixon Carlomagno Chamba Tacuri.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

La originalidad del presente trabajo investigativo, recopilación de la información, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones, así como las metodologías de la programación contemplada en la presente tesis de grado: "ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO "9 DE DICIEMBRE", PERTENECIENTE AL CANTÓN CELICA DE LA PROVINCIA DE LOJA, COMO BASE PARA SU ORDENAMIENTO TERRITORIAL" son de exclusiva responsabilidad de los autores.

……. ……..……

Celso Xavier Atarihuana Sandoval. Ángel Wladimir Ortiz Torres.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Carlomagno Chamba por su paciencia y sugerencia para el desarrollo del presente trabajo.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por ser partícipes en la formación académica con su experiencia y conocimientos en todos estos años de estudios: Ing. Michael Valarezo, Ing. Enrique Figueroa, Ing. Julio Romero, Ing. Hernán Castillo, Ing. Stalin Paladines, Ing. Iván Borrero, Ing. José Ochoa, Ing. Galo Guamán, Dr. Luis Angamarca.

De manera especial a la SENAGE y al MINISTERIO DE MINAS Y PETRÓLEOS, al Ing. Elías Ibadango y al Ing. Iván Escobar por su apoyo.

Al Ing. Fabián Sotomayor, por su colaboración y ayuda al desarrollo de la misma.

Un agradecimiento especial a nuestros amigos(a) Fernanda Ureña, Livia Ramos, Pablo Bravo por colaborar en el desarrollo de la misma; y desde luego por ser nuestros amigos.

DEDICATORIA.

A mis padres Celso Atarihuana y María Sandoval, a mis hermanos Faby, Gaby y a un gran amigo Pablo Bravo, por ser mis compañeros incondicionales, ayudándome a levantar en momentos difíciles y tenerme paciencia en el transcurso de mi carrera estudiantil y por el camino de la vida, gracias por apoyarme siempre, los llevo en mi corazón, juntos por siempre.

A toda la familia por sus concejos y motivaciones de seguir adelante y cosechar triunfos en la vida……

A Dios y a la Virgen del Cisne que siempre están conmigo y nunca me abandonan……Gracias

CELSO

A mis padres el Lic. Guillermo Ortiz y la Lic. Carmen Torres por el apoyo incondicional, que día a día me supieron brindar en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil. A mi esposa Yuliana Loaiza y mis hijas Milka y Emily que con su amor, cariño y ternura fueron mi inspiración para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mis hermanos Jimmy, Richard y Jhon por ser mis amigos incondicionales y saberme guiar con sus consejos. A Dios y a la Virgen del Cisne, por estar conmigo en cada momento de mi vida.

WLADIMIR

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO **PÁG.**

1. INTRODUCCIÓN 1
Objetivo General 2
Objetivos Específicos 2
Alcance 3
2. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1. Definición de Términos 4
2.1.1. Desastre 4
2.1.2. Riesgo 4
2.1.3. Amenaza 4
2.1.4. Susceptibilidad 4
2.1.5. Vulnerabilidad 5
2.1.6. Análisis de Vulnerabilidad 5
2.2. Movimientos en Masa 5
2.2.1. Definiciones 5
2.2.2. Tipos de Movimientos en Masa 5
Caídas de Roca 6
Vuelcos 6
El Vuelco Flexional 7
El Volcamiento de Bloques 7
El Vuelco Flexural 7
Deslizamientos 7
Deslizamiento Traslacional 8
Deslizamiento Planar 8
Deslizamiento en Cuña 8
Deslizamiento Rotacional 8
Deslizamiento Compuesto 9
Propagación Lateral 9
Flujos 9
Flujos Secos 10

Flujos de Detritos ……..... 10
Crecida de Detritos ……..……...…… 10
Flujo de Lodo ……...….. 10
Flujo de Tierra …… 11
Deslizamiento por Flujo …… 11
Avalancha de Detritos …….. 11
Avalancha de Rocas ……. 11
Reptación ……... 12
Deformaciones Gravitacionales Profundas ……...…… 12
2.3. Análisis de Factores Condicionantes y Desencadenantes . 12
2.3.1. Factores Condicionantes ……. 12
Relieve …… 13
Litología ……..... 13
Estructura Geológica ……..……..... 14
Propiedades Geomecánicas …….. 14
Meteorización …… 15
2.3.2. Factores Desencadenantes ……. 16
Sismos ……... 17
Precipitaciones y Aportes de Agua ……..……. 17
Cambios en la Geometría …….....…….. 18
Acciones Climatológicas Severas …….....…….. 18
2.3.3. Factores Antrópicos ……..... 19
Cambios en la Topografía y Cargas del Talud .....……. 19
Cambio en las Condiciones de Humedad ……. 19
Vibraciones ……. 19
Cambios en la Cobertura Vegetal …….. 20
Otros Factores Antrópicos …….. 20
2.4. Términos de Referencia para Caracterización de Procesos Geodinámicos para el Sector de Estudio …… 20
2.4.1. Información Temática …….. 20
2.4.2. Informe de Testigos Presenciales …….. 21
2.4.3. Análisis de Productos de Sensores Remotos …….. 21
2.4.4. Análisis del Terreno y Cartografía Preliminar …….. 22

2.4.5. Inventario de Movimientos en Masa …….. 22
2.4.6. Investigaciones Preliminares en el Terreno ……. 22
Reconocimiento …… 22
Investigación del Subsuelo ……. 23
Métodos Directos ……..... 23
Geofísica …… 24
Instrumentación …… 24
Análisis …….. 25
2.5. Levantamiento Topográfico ……. 26
2.5.1. Pendiente …….. 26
2.5.2. Curvatura …… 26
2.5.3. Largo - Ancho …… 27
2.5.4. Áreas de Infiltración Arriba del Talud ……. 27
2.6. Levantamiento Geológico ……..... 27
2.6.1. Formación Geológica …… 27
2.6.2. Estructura y Discontinuidades …… 28
2.6.3. Meteorización …… 28
2.7. Muestreo y Análisis de Suelo ……. 28
2.7.1. Perfil de Sondeo …… 28
Muestras Alteradas …….. 29
Muestras Inalteradas ……... 29
2.8. Uso de Sistemas de Información Geográfica …….. 29
2.9. Metodología de Zonificación de Riesgos …….. 30
2.9.1. Mapa de Zonificación …… 30
2.9.2. Mapa de Microzonificación …….. 31
2.10. Mapeo Digital ……. 31
Mapa de Inventario ……..... 31
Mapa de Susceptibilidad …… 31
2.10.1. Mapa de Riesgos …… 31
Evaluación Meteorológica …….. 31
2.10.2. Mapa de Vulnerabilidad …….. 32
2.11. Análisis Heurístico …… 32
2.12. Codificaciones para Zonificación …… 33

2.13. Ordenamiento Territorial …….. 33
2.13.1. Ordenamiento Territorial Participativo …….. 35
2.13.2. Concepciones y Tipos de Ordenamiento Territorial … 36
2.13.3. Ordenamiento Territorial y Sistemas de Información Geográfica ……. 37
3. MATERIALES Y METODOS …… 38
3.1. Introducción …… 38
3.2. Materiales …….. 39
3.2.1. De Campo ……...…….. 39
3.2.2. De Gabinete …….. 39
3.3. Métodos ……. 40
3.3.1. Objetivo nro. 1 …… 40
Trabajo De Campo …… 40
Reconocimiento del Área de Estudio …… 40
Levantamiento Topográfico ……..... 40
Recolección de Muestras de Rocas y Suelos ……. 41
Levantamiento Geológico …… 44
Delimitación del Área de Cada Uno de los Movimientos .. 44
Metodología para la Identificación de Movimientos en Masa ……..... 44
Fichas de Campo ……..... 46
Ficha para Inventario de Movimientos en Masa …..... 46
Ficha para Caracterización de Movimientos en Masa 54
Trabajo de Gabinete ……..... 55
Elaboración del Mapa Topográfico ……..... 55
Elaboración del Mapa de Pendientes ……..... 56
Fotointerpretación de Fotografías Aéreas 58
Metodología para el Cálculo de Área y Volumen de los Movimientos en Masa ……..…… 60
Análisis de las Muestras …… 61
3.3.2. Objetivo nro. 2 ……..... 62
Trabajo de Campo ……..... 62
Encuesta …… 62

Factores Condicionantes y Desencadenantes ……. 64
Trabajo de Gabinete …… 64
Mapa de Vulnerabilidad …….. 65
Mapa de Susceptibilidad ……. 67
Esquema General del Análisis …… 69
3.3.3. Objetivo nro. 3 …… 71
Trabajo de Campo ……..... 71
Análisis de Probabilidad de Deslizamientos …… 71
Valoración Directa Basada en el Criterio de un Experto ... 72
Trabajo de Gabinete ……..... 72
Elaboración del Mapa de Amenazas …… 73
Elaboración del Mapa de Zonificación …….. 75
Metodología para una Base de Ordenamiento Territorial ... 76
3.3.4. Objetivo nro. 4 …… 80
4. RESULTADOS …… 83
4.1. Descripción General del Área de Estudio ……. 83
4.2. Topografía ……..... 85
4.3. Morfología ……..... 86
4.4. Geología Regional …… 87
4.5. Geología Local …….. 89
4.5.1. Depósitos Superficiales ……... 89
4.6. Geología Estructural …… 92
4.6.1. Fallas …….. 92
4.6.2. Diaclasas …… 93
4.7. Uso Actual del Suelo ……... 93
4.8. Clima e Hidrología …… 95
4.8.1. Clima …….. 95
4.8.2. Hidrología …….. 96
4.9. Infraestructuras Lineales …… 96
4.10. Áreas de Extracción Minera …… 97
4.11. Bosques Protectores, Áreas Interés Ambiental y Patrimonio Arqueológico ……..... 98
4.12. Evaluación de las Metodologías Utilizadas …….. 98

4.12.1. Inventario de Movimientos en Masa ……. 98
4.12.2. Análisis de la Muestras ……... 101
4.12.3. Mapa de Pendientes ……... 103
4.12.4. Mapa de Precipitaciones ……..... 105
4.12.5. Mapa de Susceptibilidad ……...……. 105
4.12.6. Mapa de Vulnerabilidad Física …….. 107
4.12.7. Mapa de Vulnerabilidad Socio – Económica …..... 110
4.12.8. Mapa de Amenazas ……. 112
4.13. Medidas de Prevención …… 114
Medidas de Previsión de Ingeniería Civil ……. 115
Medidas de Previsión para el Movimiento Traslacional …. 115
Medidas de Previsión para el Movimiento de Reptación ... 126
4.13.1. Planes de Información, Difusión y Capacitación …… 129
4.13.2. Plan de Gestión de Riesgos …….. 130
4.13.3. Aplicación de Tecnologías de Monitoreo ……. 131
4.14. Plan de Ordenamiento Territorial ……... 134
5. DISCUSIÓN ……. 136
6. CONCLUSIONES ……... 146
7. RECOMENDACIONES ……. 148
8. BIBLIOGRAFÍA …… 152
9. ANEXOS …….. 157

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA **PÁG.**

Tabla 2.1. Tipos de Movimientos en Masa. Fuente.
Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) 6

Tabla 2.2. Escala de Pendientes Según su Medida. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) …… ….. 13

Tabla 2.3. Clasificación de Rocas y Suelos con Respecto a la
Pendiente. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) …….. 13

Tabla 2.4. Clasificación de Rocas. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) …….. 14

Tabla 2.5. Propiedades de Rocas y Suelos. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) …… ….. 14

Tabla 2.6. Propiedades Geomecánicas según Varnes. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) ……... 14

Tabla 2.7. Grado de meteorización de las Rocas según Varnes.
Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008) …… 16

Tabla 3.1. Criterios para Estimular Cualitativamente el Grado de
Humedad de un Material. (PMA) 49

Tabla 3.2. Criterios para Estimular Cualitativamente la
Plasticidad de un Material. (PMA) 50

Tabla 3.3. Unidades y Abreviaciones para la Expresión de
Daños a Infraestructura …….. ….. 53

Tabla 3.4. Clasificación de Pendientes (Varnes 1984-1988) …… 58

Tabla 3.5. Características de Imágenes ……... 58

Tabla 3.6. Matriz de Bertín. Fuente (Bertín, 1997) ……. 62

Tabla 3.7. Campos y Rangos para Base de Datos de Vulnerabilidad .. 65

Tabla 3.8. Pesos Relativos (Adaptado G. Guamán. UNIGIS) 67

Tabla 3.9. Susceptibilidad de Litología a los Movimientos en Masa (Mora y Varhson 1993) ……..... 68

Tabla 3.10. Peso Relativo de Acuerdo al Relieve. Fuente. (Adaptado G. Guamán. UNIGIS) ……..... 69

Tabla 3.11. Peso Relativo de Acuerdo al Uso de Suelo. Fuente. (Adaptado G. Guamán. UNIGIS) …… 69

Tabla 3.12. Peso Relativo de Acuerdo al Rango de Precipitación Fuente. (OSSO, 1995) …… 70

Tabla 3.13. Clasificación de Pisos Térmicos Fuente. (Castaños et al.1980) …….…… 70

Tabla 3.14. Pesos de los Factores en la Evaluación de Amenazas a Deslizamientos (Ambalagan 1992) …… 74

Tabla 3.15. Sumatoria de los Pesos (Ambalagan 1992) …… 75

Tabla 4.1. Coordenadas de la Parroquia Urbana Celica . ……. 84

Tabla 4.2. Uso Actual del Suelo en el Barrio 9 de Diciembre …….. 94

Tabla 4.3. Datos de Estación Meteorológica de Celica (SENAGE) …… 95

Tabla 4.4. Características Climáticas, Fuentes: (Cabrera C, y Torres F., 1999), e INAMHI …….. 95

Tabla 4.5. Características del Suelo GA-308 …….. 102

Tabla 4.6. Características del Suelo GA-307 …….. 102

Tabla 4.7. Porcentaje de Pendientes …… 103

Tabla 4.8. Peso Relativo de Acuerdo a la Pendiente.

(Adaptada G. Guamán) …… 104

Tabla 4.9. Estaciones Meteorológicas ……..... 105

Tabla 4.10. Tabla de Susceptibilidad ……..... 106

Tabla 4.11. Tabla de Pesos de Vulnerabilidad Física ……..... 108

Tabla 4.12. Tabla de Vulnerabilidad Física ……..…… 109

Tabla 4.13. Tabla de Pesos de Vulnerabilidad

Socio-Económica …… 110

Tabla 4.14. Tabla de Vulnerabilidad Socio-Económica ……. 111

Tabla 4.15. Tabla de Amenazas ……..... 113

Tabla 4.16. Cronograma de Actividades de la

Pantalla Drenante …… 119 Tabla 4.17. Análisis de Precios Referenciales de la

Pantalla Drenante …… 120

Tabla 4.18. Cronograma de Actividades del Muro Rígido ……. 124

Tabla 4.19. Análisis de Precios Referenciales del Muro Rígido …… 125

Tabla 4.20. Cronograma de Actividades de Biosiembra …….. 128

Tabla 4.21. Análisis de Precios Referenciales de Biosiembra ……. 129

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO **PÁG.**

Gráfico 2.1. Grado de Precipitación. Fuente.
Adaptado de Valarezo. M. (2008) …….. 17

Gráfico 2.2. Procesamiento del SIG. Fuente. Uso del SIG para la
Combinación Cualitativa de Mapas
(Tuner y McGuffer 1996) ……..... 33

Gráfico 3.1. Partes del Deslizamiento Traslacional.
(Varnes 1978) ……..... 45

Gráfico 3.2. Reptación de Suelo (Varnes 1978) ……..... 46

Gráfico 3.3. Esquema Conceptual para el Enfoque de un
Deslizamiento Potencialmente Destructivo.
Alto Tapesco, Santa Ana, Costa Rica en 1986 ……. 80

Gráfico 4.1. Ubicación Geográfica del Área de Estudio …… 83

Gráfico 4.2. Ubicación del Barrio 9 de Diciembre …….. 85

Gráfico 4.3. Porcentaje de la Morfología del Terreno
del Área de Estudio …….. 86

Gráfico 4.4. Esquema Geológico Binacional Región Norte del Perú
y Sur de Ecuador (Pilatasig y otros 2005) ……... 87

Gráfico 4.5. Imagen del Mapa Geológico de Celica.
Escala 1:100000, 1968, IGM …… 88

Gráfico 4.6. Columna Estratigráfica del Barrio 9 de Diciembre …… 92

Gráfico 4.7. Porcentaje del Uso Actual del Suelo del Área de Estudio …….. 95

Gráfico 4.8. Porcentaje de Pendientes del Área de Estudio …… 104

Gráfico 4.9. Porcentaje de Susceptibilidad del Área de Estudio ……. 107

Gráfico 4.10. Porcentaje de Vulnerabilidad Física del Área de Estudio …….. 110

Gráfico 4.11. Porcentaje de Vulnerabilidad Social del Área de Estudio …….…… 112

Gráfico 4.12. Porcentaje de Amenaza del Área de Estudio …….. 114

Gráfico 4.13. Dimensiones de Pantalla Drenante ……... 116

Gráfico 4.14. Ubicación de la Pantalla Drenante …….. …….. 117

Gráfico 4.15. Muro Rígido de Hormigón Armado …….. 121

Gráfico 4.16. Dimensiones de Muro Rígido de Hormigón Armado Vista de Perfil ……..……. 122

Gráfico 4.17. Dimensiones de Muro Rígido de Hormigón Armado Vista Frontal ……. 123

Gráfico 4.18. Ubicación del Muro Rígido ……...…… 123

Gráfico 4.19. Mallado de Biosiembra en el Sector de Estudio ……. 127

Gráfico 4.20. Dimensiones Para el Mallado de Biosiembra …….. 127

Gráfico 4.21. Ubicación de Biosiembra ……..….. 128

Gráfico 4.22. Porcentaje de Zonificación Territorial del Área de Estudio …….. 135

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO **PÁG.**

Cuadro 3.1. Secuencia para la Creación del Mapa Topográfico en el Programa Arc Map …… 56

Cuadro 3.2. Porcentaje de resultados de las encuestas realizadas …… 63

Cuadro 3.3. Secuencia para la Obtención del Mapa de Susceptibilidad ……... 71

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA **PÁG.**

Fotografía 4.1. Morfología del Área de Estudio …….. 86

Fotografía 4.2. Afloramiento de Suelo Residual Característico Del Área de Estudio. Corte de la Vía (UTM 615748; 9546150) Nótese el Suelo Orgánico y el Suelo Residual ……. 91

Fotografía 4.3. Falla Normal ……... 93

Fotografía 4.4. Rocas Volcánicas Diaclasadas. Pertenecientes a la Unidad Quillosara ……. 93

Fotografía 4.5. Calle Asdrúbal Castillo y Av. 12 de Diciembre. Barrió 9 de Diciembre …….……. 97

INDICE DE ANEXOS **PÁG.**

ANEXO

Anexo 1. Fotos …….. 158

Anexo 2. Fotografías Aéreas …….. 159

Anexo 3. Fichas Técnicas …… 160

Anexo 4. Informe de Análisis de Rocas y Suelos …… 161

Anexo 5. Mapas …… 162

Anexo 6. Perfiles …….……..... 163

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación es el resultado de los trabajos y análisis de campo desarrollados a cabo en el Barrio 9 de diciembre de la ciudad de Celica, Provincia de Loja.

Esta investigación contiene la caracterización general de los procesos geodinámicos de la zona de estudio, realizados en base a observaciones de campo, al inventario de movimientos en masa, al análisis de laboratorio de los suelos residuales del sector y a encuestas realizadas a los moradores de todo el barrio, para poder obtener de esta manera las conclusiones y recomendaciones que el caso amerite.

La ciudad de Celica, cabecera de la parroquia y cantón Celica está ubicada en la parte sur-occidental de la provincia de Loja al sur del Ecuador. A esta ciudad pertenece el Barrio 9 de diciembre, que es nuestra área de estudio. Este Barrio comprende un área de aproximadamente 3,74 Ha, emplazada en una zona de pendiente media-alta, con alturas que varían desde 1971 m.s.n.m. Hasta 1987 m.s.n.m. Toda el área de estudio yace sobre suelos residuales producto de un alto grado de meteorización de rocas volcano sedimentarias con intercalaciones de lavas de la Unidad Quillosara, en la que principalmente los suelos residuales y actividades antrópicas como factores condicionantes y el agua como factor detonante han generado dos procesos de movimientos en masa dentro del Barrio 9 de Diciembre, afectando a viviendas, centros educativos y obras de infraestructura civil.

El trabajo de campo ha permitido definir estos dos tipos de zonas inestables en el Área de estudio, teniendo de esta manera la presencia de un movimiento de tipo traslacional y un movimiento lento o reptación de suelo. Para la caracterización de estos procesos fue necesaria la elaboración de mapas base como topográfico, geológico, pendientes e hidrológico.

El deslizamiento traslacional cubre una superficie de 31535,6 m^2; el tipo de suelo es arcilloso, con una pendiente que oscila entre los 15° y 20°. El barrio cubre el 50% del

área total de este deslizamiento. Mientras que el movimiento lento o reptación de suelo cubre una área de 10219,4 m^2; el tipo de suelo es arcilloso, cubierto por una capa entre 30 cm. y 50 cm. de suelo orgánico, con una pendiente que oscila entre los 35° y 25°.

Estos procesos geodinámicos, constituyen las amenazas, riesgos, vulnerabilidad física y socio - económica, que determinan la susceptibilidad o la incidencia de movimientos en masa que se suscitan en el Barrio 9 de diciembre. Por lo que es vital su interpretación y representación, ya que nos permitirá la elaboración del plan de ordenamiento territorial para el área de estudio.

La aplicación de acciones inmediatas y mediatas, así como los presupuestos referenciales, están contemplados en la presente investigación, haciendo mención que es responsabilidad tanto de la población en general como de la Municipalidad de Celica en particular, implementar estas medidas de prevención como parte de un Sistema de Gestión del Riesgos.

ABSTRACT

The present investigation is the result of field work and analysis developed in the neighborhood out December 9 City Celica, Loja Province.

This research contains a general characterization of geodynamic processes in the area of study, made on the basis of field observations, the inventory of mass movements, the laboratory analysis of soil and waste sector surveys of residents across the neighborhood, to obtain in this way the conclusions and recommendations that the case warrants.

The city of Celica, head of the parish Celica Canton is located in the south-western province of Loja in southern Ecuador. This city belongs to the district 9 th December, which is our study area. This district covers an area of approximately 3.74 hectares, located in an area of outstanding medium-high, with heights ranging from 1971 m to 1987 m. All the study area lies on soil residual product of a high degree of weathering of volcano-sedimentary rocks with interbedded lavas Keel Unit, which mainly residual soils and human activities as factors conditioning and water as a trigger factor have generated two mass movement processes within the Barrio 9 December, affecting homes, schools and civil infrastructure.

The field work has helped define these two types of unstable areas in the study area, thus taking the presence of a translational type movement and a slow movement or soil creep. To characterize these processes was necessary to prepare base maps and topographic, geological and hydrological pending.

Translational slippage covers an area of 31535,6 m^2; the soil type is clay, with a slope between 15° and 20°. The district covers 50% of the total area of this landslide. While the slow movement or creep of soil covers an area of 10219,4 m^2; the soil type is clay, covered by a layer between 30 cm and 50 cm of organic soil, with a slope of between 35° and 25°.

These geodynamic processes, are the threats, risks, physical vulnerability and socio-economic, which determine the susceptibility or the occurrence of mass movements that arise in the neighborhood 9th of December. It is vital that their interpretation and representation, as we allow the development of land management plan for the study area.

The implementation of immediate and mediate actions and referential budgets are covered by this research, mentioning the responsibility of both the general population and the Municipality of Celica in particular implement these prevention measures as part of a Risk Management System.

ANTECEDENTES

Una de las características de la provincia de Loja en el aspecto geológico, es la existencia de problemas de movimientos en masa que se presentan continuamente causando la inestabilidad de terrenos en varios cantones. Tal es el caso del Cantón Celica, puesto en el año de 1934, un aluvión devastó la ciudad, con pérdidas de casas y vidas humanas. Por información de moradores se conoce que como consecuencia de la fuerte tempestad, se abrieron grietas en las calles de la urbe principalmente en el sector por donde pasa la Qda. Vieja.

En el año de 1969, un fuerte sismo cuyo epicentro se dice estuvo localizado entre Celica y Alamor, produjo afectaciones a un 90% de la población de Celica dejando viviendas cuarteadas.

Posterior al terremoto, en la parte urbana de la ciudad, comienzan a producirse problemas de inestabilidad de terrenos con ocurrencia de deslizamientos, agrietamientos de paredes, hundimientos en las calles y separación de juntas en viviendas e infraestructura civil de la ciudad.

El Barrio 9 de Diciembre, es una de las zonas más afectadas, debido a procesos que mantienen evidencias de deslizamientos antiguos que se han reactivado principalmente por la presencia de agua y la actividad antrópica.
El área de estudio no posee estudios de Ordenamiento Territorial que ayuden a la toma de decisiones y a un correcto crecimiento urbanístico de la ciudad.

En marzo del 2007 se llevó a cabo la Caracterización Geológica y de procesos Geodinámicos de la ciudad de Celica. Estos estudios fueron realizados por La Dirección Nacional de Geología, con el fin de verificar la geodinámica activa y la geología de la ciudad de Celica, determinando cuatro zonas inestables y críticas que necesitaban ser analizadas más a fondo.

Por tal motivo nuestro tema de estudio se ve enfocado en una de estas zonas, que se encuentra comprendiendo el Barrio 9 de diciembre, dentro del cual desarrollaremos los análisis y estudios correspondientes y necesarios para obtener información base; la misma que será esencial para el desarrollo normal del presente proyecto. Cumplidos los objetivos se ayudará de manera importante a la toma de decisiones y desarrollo sustentable de la población.

1. INTRODUCCIÓN.

Los procesos geodinámicos internos y externos en el país, crean constantemente situaciones de emergencia causando grandes efectos con daños y perjuicios a la población, obras civiles y hasta la pérdida de vidas humanas, a esto se suma la ausencia de estudios y planes de ordenamiento territorial.

La determinación y caracterización de zonas susceptibles a movimientos en masa es uno de los primeros pasos para la Zonificación de Riesgos y para el establecimiento del Ordenamiento Territorial. En el Área Urbana del Cantón Celica, específicamente en el Barrio 9 de Diciembre, existe la presencia de movimientos en masa, los cuales influyen de manera directa en las viviendas y obras de construcción civil existentes en el sector y por ende al desarrollo de la comunidad en sí. La presencia del movimiento se hace visible en las grietas que aparecen en la mayoría de las viviendas, calles y centros educativos; en algunos casos ciertas viviendas se han desplomado. La situación se hace más crítica ya que no se ha tomado ningún tipo de medida para contener o minimizar los riesgos que aquejan este sector. La carencia de planes de control y sistemas de alerta temprana, aumenta de manera significativa las pérdidas, ya sean estas humanas, económicas o ambientales.

El Ordenamiento Territorial se ha constituido como una importante herramienta de crecimiento urbano destinado al Desarrollo Sustentable, por lo que en la actualidad las diversas instituciones están modificando sus cronogramas de trabajo teniendo como base el Ordenamiento Territorial.

La presencia del movimiento en masa que existe en el sector además del crecimiento urbano desordenado, es el motivo principal por el cual se debería aplicar los estudios y análisis de los movimientos en masa en el Barrio 9 de diciembre, para la creación de un Plan de Ordenamiento Territorial. Debiendo tomar en cuenta la proyección del crecimiento de la población y los Riesgos Geológicos que una expansión urbana desordenada puedan causar.

Objetivos.

Objetivo General.

- Realizar el Estudio y Análisis de los Procesos de Movimientos en Masa que se suscitan en el Barrio "9 de Diciembre" del Cantón Celica, por medio de la Caracterización y Valorización de cada evento Geodinámico, proceso investigativo sustancial, base para su Ordenamiento Territorial.

Objetivos Específicos.

- Caracterizar los diferentes procesos geodinámicos externos que están afectando al Barrio 9 de Diciembre, mediante estudios generales de campo y análisis de laboratorio de las muestras obtenidas en el área investigada.

- Determinar las zonas más vulnerables y susceptibles a movimientos en masa en dicha área de estudio.

- Proponer una base de zonificación que permita un ordenamiento territorial para el Barrio 9 de diciembre de la Ciudad de Celica.

- Recomendar medidas de prevención y mitigación para salvaguardar la integridad y vida de las personas, sus bienes materiales y obras de infraestructura básica.

Alcance.

Las fuertes épocas invernales y la ausencia de planes técnicos y estratégicos para la determinación de zonas susceptibles de movimientos en masa, ocasionan serias consecuencias y riesgos a la población, a esto se suma el crecimiento desordenado de la sociedad y se ha convertido en un problema latente y relevante, lo cual ha impulsado a buscar métodos encaminados a dar solución a este problema y sobre todo a lograr el análisis de los movimientos suscitados en dicha área de estudio.

Este proyecto estará encaminado a la implantación de una base teórica y técnica para el estudio y análisis de los movimientos en masa que se suscitan en el Barrio 9 de Diciembre que se encuentra al noreste en las coordenadas X=615830, Y=9546496, Z=2007 msnm, al noroeste en la Quebrada Motilón en las coordenadas X=615595, Y=9546411, Z=1978 msnm; al sureste en el Sindicato de Choferes en las coordenadas X=615832, Y=9546153, Z=2003 msnm y en la Quebrada Vieja en las coordenadas X=615596, Y=9546144, Z=1960 msnm. Además de la implementación de un Plan de Ordenamiento Territorial, así como también servirá para la realización de planes de manejo urbano, los mismos que servirán como apoyo preliminar para llevar a cabo cualquier tipo de construcción civil, lo cual ayudara a fomentar el desarrollo de la comunidad.

También ayudará a dar solución a los problemas causados por actividades geodinámicas presentes en nuestra área de estudio, las cuales producen serias consecuencias, ya que las fuerzas de la naturaleza se presentan en cualquier ámbito y situación sin distinguir raza ni condición social, y de no ser estudiadas y analizadas pueden traer consigo graves consecuencias, como la pérdida de vidas humanas.

2. REVISION DE LITERATURA.

Para la elaboración del presente trabajo investigativo se creyó conveniente recopilar información de varios autores debido a la complejidad del mismo. Que fortalecerán los conocimientos adquiridos y despejaran las diferentes interrogantes que en el desarrollo del mismo se presenten.

2.1. Definición de Términos.

2.1.1. Desastre.

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

2.1.2. Riesgo.

Riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas y propiedades en riesgo. (Suárez Díaz, 1998).

2.1.3. Amenaza.

Una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen o áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia. También es importante describir las velocidades y las velocidades diferenciales de los deslizamientos. Alternativamente la amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo.

2.1.4. Susceptibilidad.

La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de

ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.[1]

2.1.5. Vulnerabilidad.

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

2.1.6. Análisis de Vulnerabilidad.

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

2.2. Movimientos de Masa.

2.2.1. Definiciones.

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

2.2.2. Tipos de Movimientos en Masa.

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

Tipo	Subtipo

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

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

Tabla 2.1. Tipos de Movimientos en Masa. Fuente**.** Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988).

Caídas de Roca (Fall).

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

Vuelcos (Toppling).

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas. (Varnes, 1978).

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

El Vuelco Flexional.

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

El Volcamiento de Bloques.

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

El Vuelco Flexural.

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

Deslizamientos (Slide).

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

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

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

Deslizamiento Traslacional (Translational slide).

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

- **Deslizamiento Planar.**
  En los casos en que la traslación se realiza a través del plano se denomina planar. (Hoek y Bray, 1981).

- **Deslizamiento en Cuña (wedge slide).**

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

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

Deslizamiento Rotacional (Rotational slide, Slump).

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

Deslizamiento Compuesto.

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

Propagación Lateral (Lateral Spread).

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

Flujos (Flow).

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

Los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas. Hungret al. (2001). La descripción de los siguientes tipos de flujo se basa principalmente en los autores ya mencionados, Varnes (1978), Hungret al. (2001), Hungret al. (2005)

Flujos Secos.

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

Flujo de Detritos (Debris flows).

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

Crecida de Detritos (Debris floods).

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

Flujo de Lodo (Mud flow).

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

Flujo de Tierra (Earth flow).

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

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

Deslizamiento por Flujo (Deslizamiento por Licuación) (Flow slide).

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

Avalancha de Detritos (Debris Avalanches).

Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de

canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal. (Hungret al., 2001).

Avalancha de Rocas (Rock Avalanches).

Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungret al., 2001).

Reptación.

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo Dentro de este movimiento se incluyen la *solifluxión* y la *gelifluxión*, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1m. a 2 m. de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo. Corominas Dulcet y García Yagué, 1997.

Deformaciones Gravitacionales Profundas.

Hay una variedad de procesos que podrían describirse como deformaciones de laderas (slope deformations) o deformaciones gravitacionales profundas. Estos tipos presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento. (Hutchinson, 1988).[2]

2.3. Análisis de Factores Condicionantes y Desencadenantes.

[2] Libro de Movimientos en Masa para la Región Andina.

2.3.1. Factores Condicionantes.

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

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

Relieve.

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

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

Tabla 2.2. Escala de Pendientes Según su Medida. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

Litología.

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

Características	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Rocas y Suelos	Pendientes muy baja-baja. Zona erosión. Coluvial-aluvial. Bancos h< 30m	Pendientes mediana. Zona de erosión. Aluviales-arcillas sueltas. Bancos h >40m	Pendientes altas. Erosión-deforestación. Rocas sueltas Bancos h >40m	Pendientes muy altas Rocas fisuradas-agrietada. Bancos h >50m
Posibilidad desarrollo	Muy alto	Mediana	Bajo	Nulo
Costo de obra de prevención	Muy bajas	Mediana	Elevado	Muy elevado
Nivel de estudio	Simple	Moderado monitoreo	Alto	Muy alto

Tabla 2.3. Clasificación de Rocas y Suelos con Respecto a la Pendiente. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

Estructura Geológica.

Relaciona tipo de rocas, formaciones y estratos, define además zonas de falla, diaclasamiento y debilidad, establece además zonas de elevada meteorización, peso específico de un sector y generalmente se divide de las rocas en 4 tipos:

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

Tabla 2.4. Clasificación de Rocas. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

Propiedades Geomecánicas.

Se refiere a todos los datos rocas y suelos.

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

Tabla 2.5. Propiedades de Rocas y Suelos. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

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

Condiciones iníciales	Composición, textura, estructura, rocas y suelos. Fallas, diaclasamiento. Planes de estratificación Permeabilidad de suelos(Arcillas)
Cambios de material	Lavado de Arenas. Desintegramiento Arcillas hidratándose- expanden.
Acción de agua y material	Precipitación Wt (Humedad total de rocas y suelos)
Condiciones estructurales	Cargas estáticas (Petroestatica) Cargas dinámicas (Tectónica)

Tabla 2.6. Propiedades Geomecánicas según Varnes. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

Meteorización.

Es el proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos en o cerca de la superficie de la Tierra. La meteorización física o mecánica rompe las rocas sin alterar su composición y la meteorización química descompone las rocas alterando lentamente los minerales que las integran. Ambos procesos

se desarrollan conjuntamente y producen desechos que son transportados mecánicamente o en solución (erosión). Los procesos de meteorización también ayudan a la formación del suelo.

La meteorización física resulta, en primer lugar, de los cambios de temperatura, tales como el calor intenso o la acción del agua al congelarse en las grietas de las rocas. Los cambios de temperatura expanden y contraen las rocas alternativamente, causando granulación, separación en escamas y una laminación de las capas exteriores.

También existe otro tipo de meteorización producida por la acción de algunos organismos vivos como son las raíces de los árboles o algunos animales con sus madrigueras; es la llamada meteorización orgánica.

La meteorización química altera la composición mineral original de la roca de diferentes maneras: disolviendo minerales en contacto con el agua; debilitando los ácidos del suelo por oxidación; produciendo una reacción química con el dióxido de carbono (carbonatación); y por hidrólisis, proceso mediante el cual el agua se combina y reacciona químicamente con los minerales. Plantas, como los líquenes, también descomponen determinadas rocas al extraer nutrientes solubles y hierro de sus minerales originales. La geomorfología, el estudio de las formas de la Tierra, investiga cómo la meteorización, la erosión y otros procesos han creado el paisaje actual.

El principal factor de meteorización presente en el área de estudio se debe es el agua superficial y agua subterránea.

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

- Aumento w (peso).

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

Según la metodología de Varnes (1988), dice "que los grados de meteorización pueden ser de 3 a 4".

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

Tabla 2.7. Grado de meteorización de las Rocas según Varnes. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

2.3.2. Factores Desencadenantes.

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

Según la metodología de Varnes/García dicen lo siguiente:

- Sismos.
- Precipitaciones y aportes de agua.
- Aplicaciones Q/Q'.
- Cambios geometría.
- Acciones climáticas severas.

- Factores antrópicos.

Sismos.

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

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

Precipitaciones y Aportes de Agua.

Son segundo factor gatillo o desencadenante se traduce en medidas mm H_2O, en la columna de agua y % (Aporte de agua). El agua es sinónimo de inestabilidad de taludes, define tipos y formas de movimiento. Las precipitaciones específicamente considera la relación de tiempo.

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

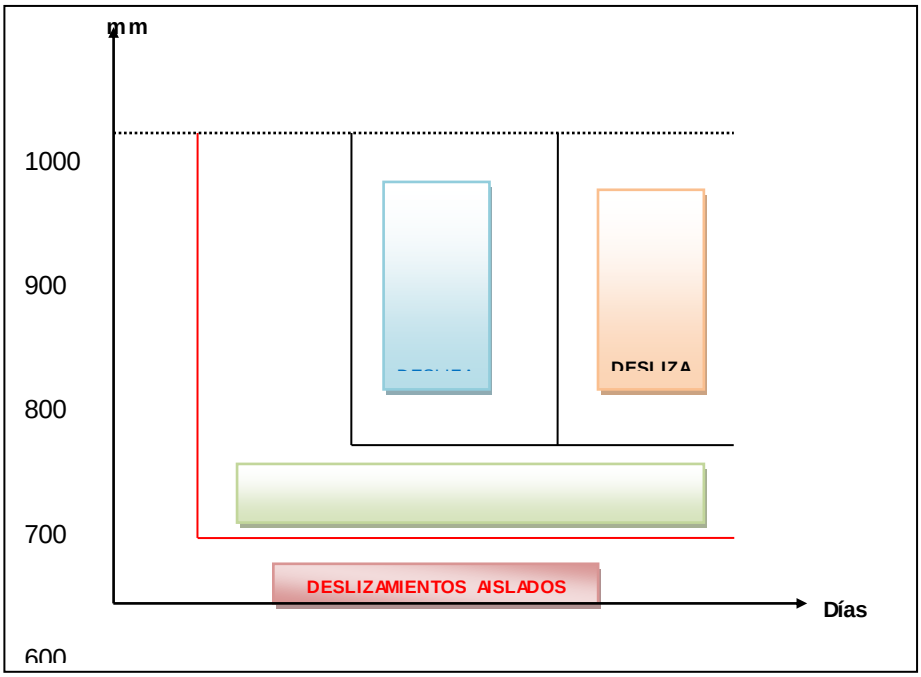


Gráfico 2.1. Grado de Precipitación. Fuente. Adaptado de Valarezo. M. (2008).

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

Fs = $\frac{Fe}{Fd}$.

Fs = $\frac{w\ cos\pounds}{w.sen\ \pounds}$.

Wr = ye + (S*N*yw).

Wr = Peso del material saturado de agua.

Ye = Peso específico material seco.

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

N = Porosidad.

Yw = Peso específico del agua.

Cambios en la Geometría.

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

- Zonas de rotura.
- Seco.
- Húmedo.

Acciones Climatológicas Severas.

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

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

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

- Control de suelos expansivos.
- Control de cavidades.

2.3.3. Factores Antrópicos.

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

Cambios en la Topografía y Cargas del Talud.

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

Cambios en las Condiciones de Humedad.

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

Vibraciones.

- Vibraciones de máquinas.

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

Cambios en la Cobertura Vegetal.

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

Otros Factores Antrópicos.

- Negligencia en el manejo de los taludes.
- Utilización de los taludes para el paso de personas y animales.[3]

2.4. Términos de Referencia para Caracterización de Procesos Geodinámicos para el Sector de Estudio.

...En esta etapa se incluye la definición del objetivo de la investigación, la escala de trabajo, los requerimientos de la institución que la realiza, de los clientes y del público.

La elaboración de los términos de referencia debe responder a preguntas como las siguientes: ¿Quiénes participan en el proyecto? ¿A quién le reportamos? ¿Cuáles son las preocupaciones acerca de amenazas por movimientos en masa en el área? ¿Qué cambios en el uso del territorio se pueden predecir? ¿Se trata de una evaluación preliminar/general o una final de detalle? ¿Se requiere solo una evaluación de amenazas o también una evaluación de riesgo? ¿Se requiere la recomendación y el diseño de las medidas de remediación? ¿Cuáles son las limitaciones del cronograma y del costo?...

2.4.1. Información Temática.

…Esta etapa incluye la captura y análisis de la información existente del sitio de estudio…

[3] Adaptado de Valarezo M. 2008.

Esto incluye mapas topográficos, mapas y publicaciones geológicas, artículos en periódicos o en revistas y fotos que describan la historia del sitio, informes geotécnicos, geológicos o geomorfológicos, registros de perforaciones, bases de datos, registros de pozos de agua, precipitaciones, deshielos, etc.

Esta etapa es crucial para el buen desarrollo del proyecto. Se trata de una compilación de información multidisciplinaria y requiere por lo tanto interacción a nivel interinstitucional.

Entre las instituciones que poseen información que se debe analizar, se encuentran gobiernos locales y regionales, oficinas de planificación y transporte, instituciones de protección civil, bomberos, institutos hidrológicos y meteorológicos, institutos sismológicos, universidades, archivos de periódicos, sociedades arqueológicas etc.

2.4.2. Informe de Testigos Presenciales.

En el caso de estudios locales se debe identificar e interrogar sistemáticamente a personas que viven cerca del sitio, con el fin de obtener información acerca de la estabilidad de las laderas en el área y las características de eventos pasados. Sus informes deben registrarse con detalle, fechas y cualquier dato cuantitativo que ellos puedan recordar.

2.4.3. Análisis de Productos de Sensores Remotos.

En el caso de estudios regionales de pequeña escala o de un gran deslizamiento individual, se pueden utilizar imágenes satelitales como ayuda para el mapeo e inventario de movimientos en masa. En algunos casos, se pueden compilar mapas topográficos o modelos del terreno mediante imágenes satelitales. Para cualquier proyecto siempre se debe realizar la interpretación multi-temporal de fotografías aéreas.

El procedimiento recomendado es estudiar primero con fotos de vuelos a gran altura y luego continuar con fotos de mayor detalle. Es deseable usar fotos de diferentes años, especialmente para identificar movimientos en masa ya ocurridos, lo cual permite tener

una idea multi-temporal de su ocurrencia y del grado de preservación de los depósitos asociados a estos para una zona determinada.

2.4.4. Análisis del Terreno y Cartografía Preliminar.

Es importante en cada caso establecer el marco geomorfológico de cada lugar, identificar las características y origen de las geoformas en el área, los tipos de materiales que se pueden esperar, y los procesos geomorfológicos que ocurran o puedan ocurrir.

La escala del análisis dependerá de la escala del proyecto, pero los mapas del terreno no deben ser de escala menor a 1:25000. Los mapas se elaboran primordialmente basándose en cartografía existente y fotografías aéreas, pero a continuación deben verificarse y actualizarse a través del trabajo preliminar en terreno.

2.4.5. Inventario de Movimientos en Masa.

Todas las ocurrencias de movimientos en masa próximas a la localidad deben registrarse en un mapa de inventario y en una base de datos que incluya: Tipo de movimiento en masa, magnitud, tiempo de ocurrencia o de su reactivación y datos similares.

No todo inventario necesita el detalle completo del formulario estándar, se deben realizar las simplificaciones adecuadas de acuerdo al caso; el grado de detalle requerido depende de la escala del estudio.

2.4.6. Investigaciones Preliminares en el Terreno.

Reconocimiento.

La investigación de cada sitio debe comenzar por un trabajo de reconocimiento de sitio.

Si el presupuesto lo permite, la observación aérea, así como las fotos tomadas desde un helicóptero o desde una cámara fija al ala de un avión, pueden ser muy útiles en terrenos inaccesibles. Es también útil tener una vista general del sitio desde un ángulo preferencial. Se deben realizar los recorridos de campo con el fin de cubrir los vacíos de información, reconocer en el terreno las unidades que se bosquejaron en las fotos aéreas, y comprobar los tipos de suelos y de rocas y los sitios con movimientos en masa.

Los afloramientos de suelo y roca deben registrarse con su localización y elevación altimétrica. En el levantamiento geológico se deben registrar cuidadosamente las características geológicas de los materiales aflorantes estrechamente relacionados con sus características físicas mecánicas como unidades litológicas y límites estratigráficos, tipos de suelos y rocas, grado de meteorización, elementos estructurales (diaclasas, fallas, foliaciones, esquistosidad), evidencia de filtraciones y signos de inestabilidad (grietas, material triturado, flexiones, cambios en la vegetación, etc.). En algunos casos, las calicatas o las trincheras pueden suplir la observación de unidades sub-superficiales. Las calicatas se pueden excavar con equipo mecánico o a mano.

Los registros de las calicatas deben ser tan detallados como los de las observaciones en superficie, y deben incluir fotografías. Todos los gráficos, secciones transversales y observaciones deben registrarse en el mapa y en libretas de campo, con el fin de documentar el trabajo que se ha realizado en el terreno.

Investigación del Subsuelo.

La investigación del subsuelo se requiere sólo en casos donde pueden ocurrir movimientos en masa profundos. En general no es necesaria en la evaluación de movimientos en masa de detritos como los flujos y avalanchas de detritos, ni en estudios regionales que cubran áreas de gran extensión.

Métodos Directos.

Como métodos directos entre ellos tenemos la perforación por percusión (lento, pero económico en términos de equipo y confiable); perforación con barreno (rápido pero solo es apropiado en suelos arcillosos o arenosos o rocas muy débiles. No funciona en grava); perforación rotatoria con lodo de perforación (muy confiable, moderadamente rápida, no proporciona buen registro de la estratigrafía); perforación rotatoria con aire comprimido (equipos costosos, pesados que a menudo se utilizan para la instalación de pozos); perforación por percusión.

Becker (equipos costosos, pesados, muy buenos y rápidos en grava, proporciona un índice de penetración); perforación para obtención de núcleos en roca densa y suelos cohesivos (proporciona excelentes muestras, puede alcanzar grandes profundidades usando métodos adecuados); perforador acústico (invención canadiense, es costoso pero confiable, proporciona excelentes muestras).

La perforación debe ser supervisada por un inspector calificado, que obtenga muestras y registre la información del subsuelo. Siempre que sea posible deben realizarse ensayos in situ, tales como el de penetración estándar o la prueba dinámica con conos en suelos granulares, o el ensayo de veleta de campo (vane test) en suelos cohesivos. Deben instalarse piezómetros y tomar datos de éstos.

Geofísica.

La geofísica puede suplir la falta de información subsuperficial directa; sin embargo, es peligroso confiar en los perfiles geofísicos sin una verificación del terreno.

La aplicación de métodos geofísicos está orientada a identificar contactos, tener una idea de las condiciones del macizo rocoso, distinguir unidades arcillosas o arenosas y localizar el nivel freático.

Instrumentación.

Se deben instalar instrumentos de monitoreo de acuerdo con la necesidad, aprovechando adecuadamente las perforaciones realizadas. Alrededor de los piezómetros se debe colocar un relleno de arena sellando arriba y abajo de éste con bentonita, para cerciorarse que la presión de poros leída corresponda a una profundidad específica. Los piezómetros del tipo Casagrande, no son costosos, y consiste de un elemento poroso unido a un tubo que va hasta la superficie del terreno. Se deben instalar inclinómetros en sitios donde puedan ocurrir movimientos en masa. Para identificar movimientos también se pueden realizar monitoreos de puntos o de líneas de referencia en la superficie, empleando por ejemplo un sistema de posicionamiento global diferencial.

Análisis.

Esta actividad se realiza una vez compilada toda la información citada en las etapas anteriores. Como el tipo de análisis que se realice y la metodología que se aplique dependen del tipo de estudio, se describen más adelante en este capítulo los diferentes métodos que se pueden aplicar en cada caso.

De acuerdo con el tipo de caso se podrán realizar análisis para determinar factores de seguridad, curvas de magnitud versus frecuencia, mapas de susceptibilidad a movimientos en masa, mapas de intensidad de amenazas, zonas de amenazas y retiros, como se describe más adelante para cada tipo de evaluación. Es importante seleccionar el método de análisis más apropiado, según el alcance y propósito de la investigación, y a la disponibilidad de los datos. Si se emplean programas de computador, deben ser seleccionados cuidadosamente y tener en cuenta que muchos modelos modernos de programas de computador requieren datos detallados, que no están disponibles comúnmente en investigaciones de rutina. Los resultados del análisis mediante el software pueden depender totalmente de la calidad de los datos proporcionados por el usuario. Quienes usen el software deben estar familiarizados con su función y deben por lo menos comprender la teoría básica que hay detrás de su uso. Hay que recordar que ningún programa de computador existente substituirá a un analista con experiencia y bien informado. Si los resultados de una evaluación parecen estar en contra de lo que se intuye, se deben cuestionar y buscar un método de verificación alternativo, incluso así sea solo una evaluación basada en el criterio. No

debe asumirse que un programa de computador costoso y sofisticado puede sustituir el conocimiento y análisis del experto.[4]

2.5. Levantamiento Topográfico.

Levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno, se lo realiza con instrumentos como el teodolito, cinta y brújula, estación total, el levantamiento topográfico necesita una serie de mediciones y triangulaciones, que luego nos permitirá la elaboración del Plano de ese lugar, terreno o solar.[5]

La topografía puede controlar la rata de meteorización y la rata de infiltración y movimiento de agua a través del material del talud, afectando la cantidad de agua disponible, lo cual determina la ocurrencia y características de los niveles freáticos.

El nivel de esfuerzos es también determinado por el volumen y ubicación de los bloques o masas de materiales, factores que dependen de las características topográficas como:

2.5.1. Pendiente

Los perfiles más profundos de meteorización se encuentran en los taludes suaves más que en los empinados. Para cada formación, en un estado determinado de meteorización existe un ángulo de pendiente a partir del cual un talud es inestable. Mientras algunos suelos residuales de origen ígneo permiten ángulos del talud superiores a 45^0, en Lutitas meteorizadas saturadas éste no debe exceder los 20^0 y hasta valores de la mitad del ángulo de fricción. Según Skempton, teóricamente en suelos granulares limpios y secos el ángulo de inclinación del talud con la horizontal no debe sobrepasar el del ángulo de fricción del material.

2.5.2. Curvatura

[4] Libro de Movimientos en Masa para la Región Andina.
[5] Suarez, J., "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga – Colombia.

Se define como concavidad o convexidad ya sea tanto en sentido longitudinal como transversal y afecto el equilibrio de la masa en sí, así como la capacidad de infiltración y de erosión por su efecto en la velocidad del agua de escorrentía.

2.5.3. Largo – Ancho

Entre más largo sea un talud, mayor recorrido tendrán las aguas de escorrentía sobre éste y por lo tanto el talud estará más expuesto a la erosión superficial.

2.5.4. Áreas de Infiltración Arriba del Talud

Es importante identificar áreas de concentración de agua arriba del talud, que coinciden con depresiones topográficas o zonas de regadío intenso. Entre más grande sea la zona que aporte agua al talud, será mayor la cantidad de agua que está afectando la estabilidad del talud.

En el presente trabajo de investigación, la topografía del sector se presenta de manera plana e inclinada ligeramente en casi toda su totalidad, característico de un terreno alterado por un evento de características geodinámicas hace varios años.

2.6. Levantamiento Geológico.

El levantamiento geológico es representar las características geológicas de una región a una determinada escala, utilizando una proyección determinada y una superficie de referencia que normalmente es un plano. Con ayuda de algunos instrumentos como GPS, Brújula geológica, Cinta métrica, Altímetro, Cámara fotográfica. La Geología generalmente, define las características o propiedades del suelo o roca. La formación geológica determina la presencia de materiales duros o de baja resistencia y las discontinuidades pueden facilitar la ocurrencia de movimientos a lo largo de ciertos planos de debilidad. Los elementos geológicos principales a estudiar son los siguientes:

2.6.1. Formación Geológica

Los materiales de origen ígneo-metamórfico poseen un comportamiento diferente a los suelos de origen sedimentario, aluviones, coluviones, etc.

2.6.2. Estructura y Discontinuidades

En los suelos residuales y rocas la estratificación y las discontinuidades actúan como planos de debilidad o como conductores de corrientes de agua subterránea y las características de estas pueden facilitar los movimientos.

2.6.3. Meteorización

La descomposición física o química produce alteraciones en la roca o suelo, las cuales modifican substancialmente los parámetros de resistencia y permeabilidad, facilitando la ocurrencia de deslizamientos.

2.7. Muestreo y Análisis de Suelo.

El análisis de los suelos y rocas constituyen la principal herramienta para el estudio y determinación de características cualitativas y cuantitativas de parámetros geotécnicos, y es básicamente el de representar, analizar y tabular los datos numéricos con el fin de determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del sector.

Es de gran importancia en rocas y en suelos residuales, realizar la caracterización de los sistemas de juntas. En esa caracterización se debe incluir el rumbo, dirección y ángulo de buzamiento estimativo de resistencia, espaciamiento de las juntas, tipo y características de relleno entre las juntas y características de la roca a lado y lado de la junta.

2.7.1. Perfil de Sondeo

Se pueden realizar perfiles de sondeo por medio de descripción de las muestras obtenidas o utilizando equipos que miden las propiedades del suelo o roca, directamente en el sondeo, mediante observación, utilizando cámaras o mediante ensayos de resistividad eléctrica, radiación, densidad por absorción nuclear, contenido de agua por reacción del ion hidrógeno y respuesta a onda de sonido o impulso. De los sondeos se pueden obtener dos tipos generales de muestras.

Muestras Alteradas

Son utilizadas para ensayos de clasificación de los suelos. Estas muestras se pueden obtener empleando muestreador de tubo partido.

Muestras Inalteradas

Aunque las muestras totalmente inalteradas no es posible obtenerlas, existen métodos para minimizar el grado de alteración. Estas muestras se utilizan para realizar ensayos de Resistencia y Compresibilidad y determinar las propiedades de los suelos.[6]

2.8. Uso de Sistemas de Información Geográfica.

Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial (Burrough 1986). En la actualidad hay muchos sistemas diferentes, los cuales difieren entre sí con respecto a:

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

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

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

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

[6] Libro de Movimientos en Masa para la Región Andina.

- Es posible mejorar los modelos, evaluando los resultados y ajustando las variables de entrada. En ocasiones se utiliza un sistema de prueba y error, corriendo el modelo varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Generalmente, en el transcurso del análisis se obtiene nueva información, la cual puede ser actualizada rápidamente en los modelos.

Las desventajas del uso de los Sistemas de Información Geográfica, para la zonificación de amenazas de deslizamiento son el tiempo relativamente largo de digitalización y el peligro de poner mucho énfasis en el análisis de datos con poca influencia de la experiencia profesional, la cual es muy útil y generalmente, indispensable para que el modelo no termine siendo un ejercicio teórico no aplicable.[7]

2.9. Metodología de Zonificación de Riesgos.

Se establece una metodología cualitativa, cuantitativa, ya que en los mapas se grafican en función de datos numéricos de campo (rumbo, buzamiento, pendientes y milímetros de agua) y parámetros de cálculo estimativos (porcentaje, probabilidad, grado de magnitud y grado de intensidad). La zonificación establece una diferencia entre 2 tipos de mapas:

2.9.1. Mapa de Zonificación

Llamados también de peligrosidad, se los elabora para cualquier riesgo como volcánico, sísmico, de deslizamientos, hundimientos, expansión lateral, mapa de flujos. Estos mapa funcionan con escalas globales: 1:1000000, 1:100000, 1:50000.

2.9.2. Mapa de Microzonificación

Provenientes de mapas de zonificación, donde se sectorizan y generalmente sean susceptibles desde el punto de vista socio-económico y ambiental, donde sus escalas pueden ir desde 1:10000, 1:5000 y 1:200.

2.10. Mapeo Digital

[7] Suarez, J., "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga – Colombia.

En mapeo de riesgos se considera cuatro nomenclaturas de mapas, todos sobre la base GPS, GPSD, Sistemas remotos y fotografías aéreas. Dentro de los cuales tenemos.

Mapa de Inventario.- Se digitalizan sobre los mapas topográficos, las áreas de deslizamientos activos o inactivos que se detectaron en el área estudiada. Tiene escalas que van desde 1:100000 y 1:50000, solo especifican datos de ubicación, accesos, la estructura del mapa de inventario es tener un mapa base, más datos de campo, más localización.

Mapa de Susceptibilidad.- Expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. Además define la primera zonificación, las escalas siempre son menores que 1:25000. Parte del mapa de inventarios y define las condiciones de factores condicionantes y desencadenantes.

2.10.1. Mapa de Riesgos

Es el más común en geotecnia, tiene escalas preferentes que son de 1:25000 hasta 1:10000, se estructura de un mapa de susceptibilidad más una evaluación meteorológica de riesgo.

Evaluación Meteorológica.- Establece una microzonificación, metodologías caracterizadas por valores cuantitativos, cualitativitos y modelos. En este mapa existe la primera aproximación de vulnerabilidad.

2.10.2. Mapa de Vulnerabilidad

La escala va de 1:10000, 1:5000 y 1:200, lo que significa que es un mapa a detalle, requiere de un conocimiento detallado de la densidad de población, infraestructura,

actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo.[8]

2.11. Análisis Heurístico.

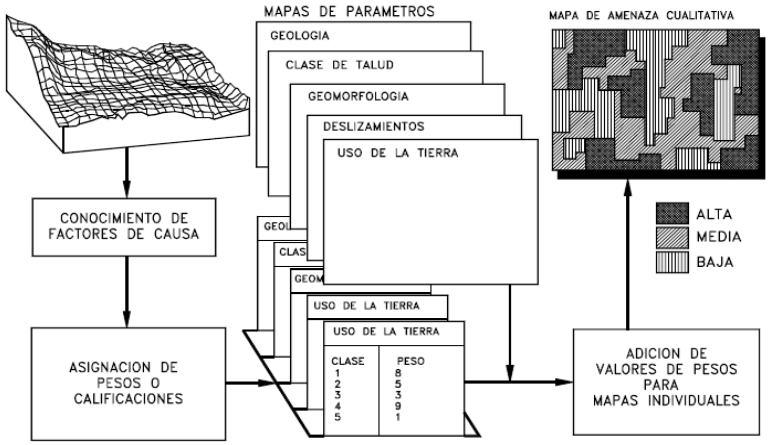
En el análisis heurístico el mapa de amenazas es hecho utilizando el conocimiento del profesional especializado sobre un sitio específico, a través de fotointerpretación o trabajo de campo. Este mapa puede hacerse directamente en el campo o recodificando un mapa geomorfológico.

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

El procedimiento del SIG en este caso es el siguiente:

- Clasificación de cada mapa de parámetros de acuerdo a las clases relevantes.
- Asignación de valores de peso a cada parámetro (por ejemplo en escala de 1 a 10).
- Asignación de pesos a cada mapa de parámetros.
- Cálculo de los pesos para cada pixel y clasificación en clases de amenaza.[9]

[8] Adaptado de Valarezo M. 2008.
[9] Suarez, J., "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga – Colombia.



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

Gráfico 2.2. Procesamiento del SIG. Fuente. Uso del SIG para la Combinación Cualitativa de Mapas (Tuner y McGuffer 1996).

2.12. Codificaciones para Zonificación.

Para la zonificación los sectores áreas o zonas mantienen códigos cualitativos, cuantitativos y gráficos, lo más común es definir una combinación que guarde relación con el grado de peligro, la intensidad y la vulnerabilidad, los códigos de colores no deben sobrepasar los 5 colores, que a continuación se dan a conocer:[10]

- Color Rojo → Altamente peligroso.
- Color Tomate → Peligro Medio.
- Color Amarillo → Peligro.
- Color Verde → Baja Peligrosidad.

2.13. Ordenamiento Territorial.

El ordenamiento territorial es una estrategia para orientar la evolución espacial de la economía y de la sociedad, y promover el establecimiento de nuevas relaciones funcionales entre regiones y ciudades, así como entre los espacios urbano y rural, en un marco de sustentabilidad. La ordenación del territorio también hace posible una visión coherente de largo plazo para guiar la intervención pública y privada en el proceso de desarrollo local, regional y nacional.

[10] Adaptado de Valarezo M. 2008.

El ordenamiento territorial (OT) es el proceso de organización del uso y la ocupación del territorio con base a sus características biofísicas, socioeconómicas y político-institucionales; tiene carácter técnico, normativo, político y administrativo para la gestión del territorio. Sus componentes fundamentales son los planes de uso del suelo, capacidad de uso del suelo, y uso potencial y cobertura del suelo (UAT, 2005). Este proceso es fundamental en la Planificación del Desarrollo Sostenible, ya que permite organizar y articular el territorio de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones, formular e implementar políticas de inversión, diseñar planes sostenidos para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, orientar los planes de desarrollo urbanístico y asentamiento humano, promover al acceso a los servicios básicos sociales, identificar y prever riesgos por desastres naturales. (Lücke, 1998). El ordenamiento territorial orientado a un área urbanizada o en proceso de urbanización, se puede denominar ordenamiento urbano.

Para un OT eficiente se debe plantear algunas consideraciones básicas de aplicación práctica, algunas de estas consideraciones es señalado por Lücke (1998). El Ordenamiento Territorial se define como un instrumento que forma parte de la política de estado sobre el Desarrollo Sostenible. Es un proceso político, en la medida que involucra la toma de decisiones concertadas de los actores sociales, económicos, políticos y técnicos, para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. Asimismo, es un proceso técnico administrativo porque orienta la regulación y promoción de la localización y desarrollo de los asentamientos humanos, de las actividades económicas, sociales y el desarrollo físico espacial, sobre la base de la Zonificación Ecológica Económica que tiene en consideración criterios ambientales, económicos, socioculturales, institucionales y geopolíticos, a fin de hacer posible el desarrollo integral de la persona como garantía para una adecuada calidad de vida.[11]

Aun cuando se reconoce la significación de la planificación del desarrollo económico y social, cuyo énfasis se coloca sobre la estructura y dinámica de las actividades económicas, del empleo y del acceso a servicios, en esta ponencia no se detalla su objeto.

[11] Lücke, O. 1998. Base conceptual y metodología para los escenarios de ordenamiento territorial.

2.13.1. Ordenamiento Territorial Participativo (OTP).

El OTP se ha convertido en una herramienta básica para la planeación, sobre la cual se ha comenzado una intensa actividad de análisis y mejoramiento (Sánchez y Palacio 2003). Los objetivos del ordenamiento territorial son identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en el territorio de acuerdo con ciertos criterios y prioridades. También se puede concebir la ordenación de las actividades humanas en un territorio organizado para desarrollarlas, lo cual es equivalente a ordenación de los usos del suelo, (Gómez 2003).

La ordenación del territorio tiene su definición más aceptada en la Carta Europea de Ordenación del Territorio la cual dice: "es la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad, cuyos objetivos fundamentales son el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y, por último, la utilización racional del territorio (Gómez 2003).

Según Gómez (2003), un plan de ordenación del territorio está determinado por dos elementos: 1) El modelo territorial que se propone como imagen a conseguir en el horizonte temporal del plan, y asociado a él, una normativa reguladora de los usos del suelo, aprovechamientos, comportamientos y actos administrativos y un programa de intervención sobre el sistema para llegar a tal imagen. 2) Un modelo de gestión capaz de conducir el modelo actual al propuesto, que se concreta en una entidad gestora, un sistema de gestión y un juego completo de indicadores de seguimiento y control.

Esto significa que el ordenamiento no sólo debe incluir una propuesta de uso del suelo, sino también un plan a seguir para cumplir con los usos de suelo que se proponen.

Para realizar el ordenamiento territorial se consideran las cinco etapas siguientes:

a. Caracterización y análisis territorial.
b. Diagnóstico territorial.
c. Prospectiva o diseño de escenarios.
d. Formulación del plan de ordenamiento territorial.
e. Gestión del ordenamiento territorial.

El ordenamiento territorial va dirigido al uso sustentable de los recursos, considerando tanto el carácter natural como el social económico del territorio, mediante la utilización sustentable de los recursos, para un mejoramiento de la calidad de vida.

2.13.2. Concepciones y Tipos de Ordenamiento Territorial.

Hildebrand (1996) al examinar la experiencia europea, distingue dos concepciones del OT, una que lo entiende como planificación física a escala regional, subregional y local, con énfasis en el uso y ocupación del territorio, a partir de la coordinación de los aspectos territoriales de las políticas sectoriales y la coordinación del planeamiento urbanístico municipal. La otra, que lo entiende vinculada estrechamente a la planificación económica y social, con el objeto de garantizar el equilibrio en el desarrollo regional.

También existen concepciones asociadas a intereses de los planificadores, gobernantes y actores sociales que llevan a valorar el OT en términos económicos, cuando se pone énfasis en objetivos económicos sin considerar el costo social y los impactos ambientales, y conservacionistas, cuando se enfatizan objetivos ecológicos y de conservación. Ambas tendencias desconocen o excluyen algunos componentes de la realidad social, (Méndez, 1990).

Algo similar, aunque más amplio, plantea Gómez Orea (1994, 2001), quien identifica cuatro desviaciones corporativistas en la interpretación del OT, que son: la de los economistas, urbanistas, ruralistas y conservacionistas. Los economistas suelen vincular el OT, casi con exclusividad, a la localización espacial de las inversiones destinadas a corregir desequilibrios territoriales, ignorando aquellos elementos y

procesos no sometidos a las reglas del mercado, tales como el valor ecológico de los recursos naturales. Los urbanistas, por su parte, reducen el OT a la regulación del uso del suelo urbano, en tanto que los ruralistas lo asimilan a la transformación física del espacio para mejorar las condiciones de productividad primaria y a la dotación de infraestructuras y equipamientos a los núcleos rurales. Finalmente, los conservacionistas lo plantean en términos de vincular el OT a una planificación y gestión del espacio que garantice el uso racional de los recursos naturales".[12]

2.13.3. Ordenamiento Territorial y Sistemas de Información Geográfica.

Las bases de datos, los mapas, fotografías y documentos técnicos, fueron hasta hace poco tiempo, algunos de los principales medios de referencia en los que se basaba el manejo de recursos naturales, sin embargo, los volúmenes de información y los distintos formatos requerían de grandes espacios de almacenamiento y de personal especializado para su manejo. En la actualidad, muchos de estos inconvenientes han sido resueltos con el uso del Sistemas de Información Geográfica (SIG), basados en la vinculación de equipo de cómputo, programas y personal especializados. Las aplicaciones de los SIG son muy diversas, pudiéndose aplicar desde la reproducción de mapas básicos hasta la realización de análisis espacial multitemporal de zonas determinadas. Tal es así que es una herramienta de gran utilidad para el ordenamiento territorial.[13]

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Introducción.

Los materiales y métodos son piezas fundamentales e indispensables para la elaboración del presente trabajo. Los trabajos de campo y gabinete son pasos fundamentales que deben ser seguidos de manera ordenada y secuencial, de tal forma que los resultados que se obtengan representen la realidad de nuestra área de estudio.

---

[12] Méndez Vergara, E. 1992. Gestión Ambiental y Ordenación Territorial. Universidad de Los Andes. Mérida (Venezuela).

[13] Suarez, J., "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales", Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, Ingeniería de Suelos Ltda., Bucaramanga – Colombia.

En la elaboración del presente proyecto, los materiales adecuados y su correcto manejo nos permitirá obtener mayor precisión para el cumplimiento de los objetivos que han sido planteados, puesto que sin estos su realización sería nula, así mismo la metodología aplicada en este proyecto se basa en la observación directa y la utilización de programas computarizados tales como (ARGIS 9.2; AUTOCAD 2009), los cuales nos permitirán analizar y calcular los valores e información recolectada en el campo.

En el presente estudio en una primera etapa consistirá en el establecimiento de una línea base, en la cual se describirán sobre una base topográfica, la geología, la litología y morfología de la zona inestable del área de estudio, seguida por el análisis cualitativo de los factores condicionantes y detonantes.

Los materiales usados durante esta investigación poseen un grado de precisión y tecnología actual, lo que certifica la calidad de la información obtenida. Al desarrollo del presente se suma los aprendizajes obtenidos durante la carrera universitaria. Para cumplir con los objetivos planteados, la presente investigación se ha dividido en 2 partes:

- Etapa de campo y recolección de datos.
- Etapa de gabinete y laboratorio.

3.2. Materiales.

3.2.1. De Campo.

- Estación Sokia 7000.
- GPS Margellan (Sistema de Posicionamiento Global).
- Brújula Geólogica.
- Martillo de Geólogo.
- Lupa de Geólogo.
- Fichas de movimientos en masa.
- Mapa Topográfico de Celica Escala 1:50000, elaborado por el IGM 1988 y Mapa Geológico de Celica a escala 1:100000 elaborado por el IGM 1968.
- Libreta de Campo.
- Flexómetro.
- Rayador.
- Hilo.
- Fundas Plásticas.
- Cinta de Papel.
- Cámara Digital (10 mpx).

3.2.2. De Gabinete.

- Material Bibliográfico.
- Material de Escritorio.
- Ordenador.
- Software (AutoCAD 2009, Arc GIS 3.2, Arc Map 9.2, Easy Trace).
- Calculadoras.
- Internet.

3.3. Métodos.

3.3.1. Objetivo n$^{ro.}$ 1:

"Caracterizar los diferentes procesos Geodinámicos Externos que están afectando al Barrio 9 de Diciembre, mediante Estudios Generales de Campo y Análisis de Laboratorio de las Muestras obtenidas en el Área Investigada".

Trabajo de Campo.

Para el cumplimiento del presente objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Reconocimiento del Área de Estudio.**

En primera instancia se realizó un reconocimiento del Barrio "9 de Diciembre", donde procederemos a realizar la observación de campo respectiva para identificar el número de movimientos en masa y así de esta manera describir sus características generales. Además delimitaremos de manera visual nuestra área de estudio, ubicando las calles que circunscriben el barrio antes mencionado.

Con la ayuda de nuestra libreta de campo apuntamos todos los detalles y características generales que se encuentran en nuestro lugar de estudio, además de guardar un registro fotográfico de las mismas.

- **Levantamiento Topográfico.**

La topografía de nuestra área de estudio, se llevó a cabo con la ayuda de la estación topográfica del Ilustre Municipio del Cantón Celica, marca Sokia 7000, con la cual se realizó la representación de los elementos naturales y humanos, para obtener la forma del terreno de nuestra área de estudio.

Para el posicionamiento espacial y geográfico, en cada una de las coordenadas que se necesitó para el presente proyecto, nos valemos del GPS marca Margellan (Sistema de Posicionamiento Global), con el sistema de coordenadas proyectadas Provisional de Sur América, Datum (PSAD 56) UTM Zona 17 Sur.prj.

La topografía de la ciudad de Celica; fue proporcionada por la "SENAGE" a una escala de 1:25000, está a su vez fue digitalizada a partir de la carta topográfica de Celica, elaborada por el IGM, cuya escala es 1:50000.

- **Recolección de Muestras de Rocas y Suelos.**

Para la recolección de las muestras de rocas y suelos, nos ubicamos en cada deslizamiento, donde se procedió a la apertura de las respectivas calicatas, cuyas dimensiones fueron de 3 m de profundidad por 3 m de ancho, las mismas que fueron ubicadas en las siguientes coordenadas:

- ***Para la toma de muestras de rocas:***

Muestra	X	Y
1	615918	9546570.
2	615980	9546530.

Con la ayuda del martillo geológico procedimos a sacar la roca que se encuentra en una matriz arcillosa, este tipo de roca es una variedad de clastos de tipo esferoidal, mismos que se encuentran representando depósitos coluviales en la zona. (Véase Anexos. Fotografías 3.1 y 3.2).

- ***Para la toma de muestras de suelo:***

Se procede a determinar cuáles son los sectores más idóneos dentro del área de estudio (Véase Anexos, Fotografías 3.3 y 3.4). Y con ello empezar la recolección de las respectivas muestras para los distintos tipos de análisis que se crean convenientes realizar. Las coordenadas donde se obtuvieron las muestras son los siguientes:

Muestra	X	Y
GA-308	615999	9546704
GA-307	615857	9546590

Todas las muestras obtenidas fueron transportadas hasta la Ciudad de Loja, para los respectivos análisis, los resultados obtenidos servirán como base para el desarrollo de la presente investigación.

- **Levantamiento Geológico.**

Concluido el levantamiento topográfico de nuestra área de estudio, realizamos la descripción de la geología local, para lo cual nos valemos de la Carta Geológica de Celica escala 1: 100000, elaborada por el IGM. También analizamos de manera general el terreno, para lo cual consideramos lo siguiente:

- Geología Regional (Formaciones y Estructuras).
- Tipo de Roca y Suelo.
- Líneas de Contacto.
- Afloramientos.
- Vertientes, Manantiales, Quebradas, Tipos de Drenaje.

Para la toma de información geológica nos valemos de la ficha de campo de Levantamiento Geológico.

Levantamiento Geológico.- Se utilizó el formato "Levantamiento Geológico", ficha técnica obtenida en la Universidad Nacional de Loja (Véase Anexos. Fichas de Campo 3.2.). Este formato captura información directa sobre la descripción del afloramiento que se va estudiar, los cuales son:

- **Afloramiento.** Consiste en indicar el número de afloramiento que se va a realizar.
- **Coordenadas.** Se ubican mediante un punto GPS, en el sistema de coordenadas Datum (PSAD 56) UTM Zona 17 Sur. Latitud, longitud y cota.
- **Dimensiones.** Se procede a tomar las medidas del afloramiento como se necesitan: longitud, ancho y altura.
- **Cota.** Se refiere a la altura de nivel en el cual se encuentra el afloramiento y está dada en metros sobre el nivel del mar.
- **Relieve.** Se refiere a las formas que modelan el terreno como son:

  - **Relieve llano.** Son planicies casi horizontales, con irregularidades muy ligeras, encontrándose a poca altura sobre el nivel del mar.

- **Relieve bajo.** Son elevaciones bajas, con pendientes suaves.
- **Relieve de colinas.** Son parecidas al relieve montañoso pero las diferencias de nivel son menos marcadas. Como pendiente suave y forma redondeada.
- **Relieve Montañoso.** Son elevaciones que sobrepasan los 1000 msnm. Sus laderas son abruptas y moderadas.

- **Vegetación.** Es el material superficial natural que se lo puede o no encontrar en el lugar de estudio, siendo exuberante, escaso y de color.
- **Foto.** Corresponde a capturar la imagen y guardar en el registro fotográfico en donde se puede observar posteriormente el afloramiento.
- **Fecha.** Se indica cuando se hizo el llenado de la ficha.
- **Croquis.** Hace referencia a características del sector, tomando la mayor cantidad de datos posibles, para el relieve del mismo.
- **Perfil litológico del afloramiento.** Se realiza para la representación general del sector de estudio. Se llena de abajo hacia arriba según el número de capas que se encuentre en el sector de estudio.

  - **Potencia.** Es la distancia entre las superficies de estratificación que delimitan el estrato, se la mide perpendicularmente a las mismas.
  - **N° de Capas.** Son estratos distintivos de otros. Que van por encima y por debajo establecidos dentro de una formación.
  - **Litología.** Son características y tipo de roca que se encuentran en el sector de estudio.
  - **Granulometría.** Consiste en la medición del tamaño del grano de una formación como arcilla, limo, arena y grava.
  - **Color.** Se indica el color que puede ser: tonos claros a tonos obscuros.
  - **Orientación.** Indica hacia donde se dirige la formación. Como rumbo y buzamiento.
  - **Muestra.** Es la toma representativa del afloramiento.
  - **Descripción.** Se detalla lo que hay en el afloramiento, con las mayores características posibles.
  - **Observaciones.** Se adjunta alguna característica especial que debe ser tomada en cuenta, al momento de llenado de la ficha.

- **Delimitación del Área de Cada Uno de los Movimientos.**

Para su delimitación rodeamos cada uno de los movimientos masales, tomando puntos GPS en las parte más salientes formando un polígono irregular y los ubicamos graficándolos en nuestra base topográfica, la misma que nos servirá para la elaboración del mapa de Inventario de Movimientos en Masa. (Véase Mapa 15: Mapa de Inventario de Movimientos en Masa del Barrio 9 de Diciembre).

- **Metodología para la Identificación de Movimientos en Masa.**

Dentro de nuestro recorrido encontramos dos movimientos de masa de características diferentes; uno con relación al otro. Para lo cual los identificamos de manera general, teniendo de esta manera: Movimiento Traslacional y Movimiento Lento o Reptación de Suelo.

Criterios para la diferenciación de Deslizamiento Traslacional y Reptación de Suelo.

Deslizamiento Traslacional.- Para la determinación de este tipo de fenómeno de remoción en masa, se consideraron los siguientes aspectos:

- Superficies basculadas con encharcamientos.
- Contrastes de vegetación.
- Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones.
- Grietas en las paredes de las viviendas.
- Desvío de cauces.
- Pendientes entre 44% - 88%.
- El movimiento traslacional se produce en una superficie de ruptura plana u ondulada.
- Suelen ser superficiales, es decir que la masa a desplazarse está en contacto entre la roca y el suelo residual.
- Ocurren con frecuencia a lo largo de discontinuidades como, fallas diaclasas, planos de estratificación.

- El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona.
- El agua de escorrentía o un nivel freático somero mantienen el material saturado.

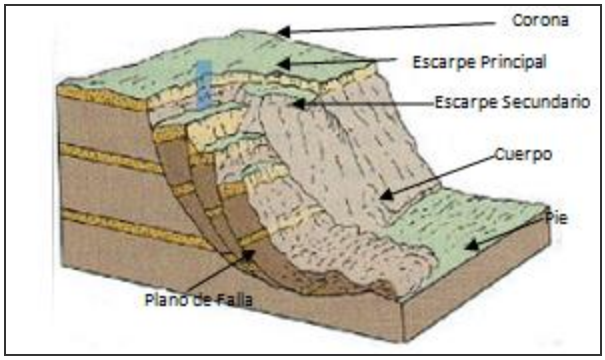


Gráfico 3.1. Partes del Deslizamiento Traslacional (Varnes 1978).

Reptación de Suelo.- Para la determinación de este tipo de fenómeno de remoción en masa se consideró los siguientes aspectos:

- Se manifiesta en forma de pequeñas ondulaciones en el terreno, además de un movimiento lento de los materiales móviles del suelo. La reptación se evidencia por la deformación con afloramiento del perfil de suelo o roca y la separación del suelo en contacto con grandes bloques de roca resistente.
- La velocidad del desplazamiento son casi imperceptibles ya que es de mm/año.
- Se evidencia por medio de la inclinación de árboles, postes, cercas, puentes, casas inclinadas o que presentan grietas en sus paredes.
- No existe una superficie única de deslizamiento, sino que el movimiento se produce por las partículas que se mueven a diferentes velocidades en forma individual, como resultado de la expansión y contracción de la capa superficial del suelo, ya sea por saturación, resecamiento, o por calentamiento y enfriamiento sucesivos.

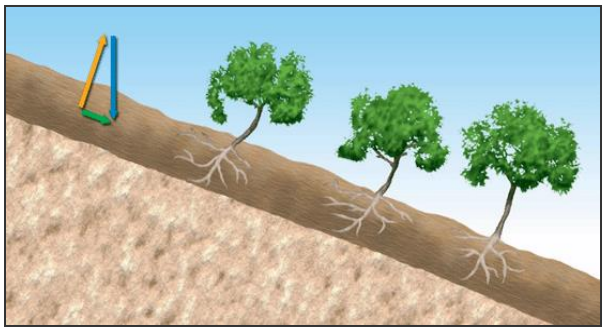


Gráfico 3.2. Reptación de Suelo (Varnes 1978).

- **Fichas de Campo.**

Para el estudio y análisis de los movimientos en masa que se suscitan en nuestra área de estudio, cumpliendo con nuestro objetivo es necesaria la recopilación y análisis de información que se obtiene en el campo, para lo que nos valemos de las siguientes fichas de campo.

Ficha para Inventario de Movimientos en Masa.

Se utilizó el formato para "Inventarios de Movimientos en Masa Versión 1,0 utilizada en el Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA)" (Véase Anexos. Fichas de Campo 3.1.). Este formato captura información directa sobre el movimiento en masa que se va estudiar, dividiéndose en catorce grandes temas de información, estos son:

- **Localización Geográfica y documental del evento.**

En este campo se pretende tener la localización general y detallada del lugar de ocurrencia del evento desde un punto de vista geográfico y documentos donde se localicen como:

- **División Política.** Se debe completar el nombre del país, continuando con las divisiones políticas menores hasta la más pequeña como localidad y que puede corresponder a un barrio en el caso de una ciudad, de una vereda en el caso de zonas rurales.

- **Coordenadas.** Se debe indicar el sitio de movimiento en masa al cual corresponden as coordenadas solicitadas. Ejemplo: Corona, Cabeza, Pie. Las coordenadas del sitio deben darse en grados, minutos, segundos, indicando el tipo de proyección geográfica empleada.
- **Documentación.** Corresponde a mapas, planchas y fotografías aéreas en donde se pueda localizar el evento.

➢ **Actividad del Movimiento.**

Este campo permite registrar la historia de ocurrencia del movimiento bien sea el caso de un movimiento único en el tiempo o para eventos de reactivación o de recurrencia del mismo tipo de movimiento en el mismo sitio. En el primer movimiento se debe registrar la fecha conocida (o estimada) del primer movimiento y continuar hasta la fecha más reciente para el caso de reactivaciones o de eventos recurrentes. La fecha a registrar debe ser la más precisa que se logre conocer (día, mes, año). En el caso de movimientos antiguos o relictos, donde no es posible establecer el año de ocurrencia, se debe procurar dar un estimativo de la edad del mismo en términos de rango de años.

Los siguientes campos de Actividad corresponden al Estado, Estilo y Distribución del movimiento. Y corresponden al dado por WP/WLI (1993) y su significado se puede consultar en el Glosario de Términos Relacionados con Movimientos en Masa.

➢ **Litología y Estratigrafía.**

- **Descripción**. En el campo disponible se debe hacer una breve descripción de la litología y estratigrafía del área que conforma la ladera sobre la que ocurrió el movimiento. Y debe incluir origen de la roca, edad, formación, descripción litológica y estratigrafía.

- **Estructura Orientación y Espaciamiento**. Se debe escribir el tipo de estructura (plano de discontinuidad o de debilidad) que caracterizan la ladera. Ejemplo: planos estratigráficos, las diaclasas, planos de foliación y planos de falla. Al frente

de cada estructura se debe escribir la orientación de la misma en términos de dirección del buzamiento (DB) y buzamiento (BZ). Y para cada estructura se debe señalar el rango de espaciamiento de los planos que constituyan con los valores en metros dados en la tabla.

- **Clasificación del movimiento.**

En este campo puede ser suficiente para clasificar el tipo de movimiento en masa de acuerdo con alguno de los varios sistemas de clasificación propuestos por algunos autores. Es aconsejable que el encuestador analice cuidadosamente toda la información del formulario. Y sea completado una vez que se hayan llenado todos los demás espacios de información disponible.

- **Tipo de Movimiento**. Aquí se observa dos opciones para marcar en cada uno, ya que el movimiento en masa suele involucrar más de un tipo de mecanismo. En la primera casilla bajo el número 1 se debe indicar el primer tipo de movimiento que ocurrió y bajo el número 2, el movimiento que le siguió al anterior.

- **Material.** Para su caracterización y clasificación del material se solicita información sobre el tipo de humedad, plasticidad y origen del mismo. Para el tipo de material se presentan dos alternativas y se debe completar con la información disponible. La primera está dada en términos de roca, detritos y tierra de acuerdo a la propuesta de Varnes (1978). La otra aplicaría para suelos para ingeniería y se solicita la información para su clasificación de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (USCS). En ambos casos se presenta un par de casillas a la izquierda y otras dos a la derecha. Las primeras bajo los números 1 y 2 y tienen un significado similar al tipo de movimiento, esto es 1 para el material involucrado en el primer movimiento pero antes que este ocurriera y 2 para el material involucrado en el segundo movimiento si éste se llegó a presentar. En las casillas de la derecha se debe indicar igualmente el porcentaje de cada material antes del movimiento (1%) y después de que este ocurrió (2%). De igual manera se precedería para las casillas bajo el titulo Suelos Ingeniería. Dando el 100% en cada columna.

Como guía tenemos la siguiente tabla:

Humedad	**Criterio**	**Equivalencias con ensayos de laboratorio**	
		Humedad con relación a los límites de consistencia	**Saturación S (%)**
Seco	Material sin rastros de agua	Humedad por debajo del Límite de Contracción	0 %
Ligeramente húmedo	Material con rastros de agua pero difícil de visualizar o sentir al tacto	Humedad por encima del Límite de Contracción y por debajo o igual al Límite Plástico	$0 < S < 80$
Húmedo	Material húmedo al tacto	Humedad entre el Límite Plástico y el Límite Líquido	$80 < S \leq 100$
Muy húmedo	El agua aflora en superficie cuando una muestra del material se exprime con una ligera presión de las manos, o se pisa fuertemente sobre el terreno	Humedad en el Límite Líquido o ligeramente mayor	S = 100
Mojado	Material lodoso con comportamiento como el de un líquido	Humedad mucho mayor al Límite Líquido	S = 100

Tabla 3.1. Criterios para Estimular Cualitativamente el Grado de Humedad de un Material. (PMA).

La plasticidad igualmente, debe estimarse a partir de observaciones o pruebas sencillas de campo, a menos de tener datos de ensayos de laboratorio. Y es válida únicamente para suelos finos, es decir con partículas menores a 0,074 mm (limos y arcilla). Utilizando la siguiente tabla se puede hacer la estimación cualitativa de plasticidad, con recomendación de utilizar los estándares ASTM (American Society for Testing and Materials) para la identificación de suelos.

Plasticidad	**Descripción del material**	**Equivalencia con ensayos de laboratorio**
Alta	Arcillas inorgánicas de apariencia grasosa, limos inorgánicos	LL > 50
Media	Arcillas magras, limos	35 < LL < 50
Baja	Arcillas inorgánicas, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca con algún contenido de arcillas o limos, arenas finas arcillosas o limosas, limos arcillosos	LL < 35
No plástico	Gravas, Arenas, polvo de roca, suelos gravosos o arenosos con muy bajo contenido de finos	No es posible realizar el ensayo

Tabla 3.2. Criterios para Estimular Cualitativamente la Plasticidad de un Material. (PMA).

Debe indicarse el origen del suelo donde ocurrió la falla, en el caso de que se tengan suelos de diferentes orígenes. En el caso de suelos sedimentarios, indicar el tipo de depósito (aluvial, lacustre, marino, eólico, glacial, etc.). Y de contar con ensayos de clasificación de suelos, en el campo se debe hacer la clasificación correspondiente de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).

- **Otras Características.** Se debe señalar otras características del movimiento algunas de las cuales se indican en el campo respectivo.
- **Velocidad.** Indicar la velocidad estimada de acuerdo con los valores dados entre paréntesis. En caso de tener un valor de velocidad máxima y/o media, indicar en la línea correspondiente, indicando en los cuadros a la derecha. M si es medida con algún tipo de instrumento, C si fue obtenida a partir de cálculos basados en mediciones indirectas y E si es estimada sobre las base (testimonios de algunas personas). Los rangos empleados en esta sección corresponden a las velocidades propuestas por Cruden y Varnes (1996).
- **Clasificación del movimiento.** Este campo debería llenarse una vez se haya completado toda la demás información del formulario. En sistema de clasificación se escribe el nombre del sistema de acuerdo a Varnes (1978).

➢ **Morfometría.**

Se divide en cuatro grandes aspectos:

- **General.** Se refiere a las características geométricas generales de la ladera una vez ocurrida la falla. Ver el glosario para la definición de estos elementos geométricos. La dirección del movimiento y el azimut del talud deben seguir la misma convención establecida para la dirección de buzamiento de las estructuras.
- **Dimensiones.** La definición de las dimensiones lineales del movimiento se encuentra en el glosario.
- **Deformación del terreno.** Aquí aplicaría únicamente para movimientos tipo deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales, propagación lateral, reptación y deformaciones gravitacionales profundas. Para estos casos, la deformación se refiere a los cambios de forma del terreno afectado por el movimiento que se pueden apreciar en superficie. En el formulario se definen dos tipos de deformación: Ondulación y Escalonamiento.
- **Geoforma.** Este campo debe complementarse con el nombre de la geoforma que mejor represente el lugar en donde se originó el movimiento.

➢ **Causas del Movimiento.**

Se presenta un listado que actúan como condicionantes y detonantes según sea el caso.

- **Cobertura de uso de suelo.**

Se debe indicar el tipo de cobertura y tipo de uso en el cuadro a la izquierda del nombre y el porcentaje de esa cobertura en el cuadro al frente del mismo.

- **Documentos de Referencia.**

Debe completarse con documentos e información para completar el formulario.

- **Importancia del evento.**

Este campo debe llenarse una vez completada la información del formulario. Se refiere a la calificación subjetiva de la severidad de los efectos adversos causados por el movimiento en masa y propuestos por Fell et al. (2005).

- **Alta.** Estructuras completamente destruidas o daño extensivo, se requieren grandes obras de ingeniería para reparación.
- **Media.** Daño moderado a algunas estructuras o necesidad de grandes obras.
- **Baja.** Poco o limitado daño a estructuras. Trabajos menores de estabilización.

- **Daños.**

Se divide en cuatro aspectos:

- **Población.** Se debe consignar e número de muertos, heridos y damnificados.
- **Infraestructura.** Indicar el tipo de estructura afectada. Debe ser especificada con la unidad de medida compatible con el tipo de estructura. Se sugiere algunas unidades y sus abreviaciones para varias estructuras a continuación:

Tipo de Estructura	Unidad de Medida	Abreviatura para la Unidad
Vivienda	Unidades	UN
Vivienda	Metros cuadrados	M2
Edificaciones institucionales, comerciales o similares	Metros cuadrados	M2
Vías	Metros lineales	ML
Acueductos, oleoductos, gasoductos y similares	Metros lineales	ML
Puentes	Unidades	UN
Líneas de energía, líneas telefónicas y similares	Metros lineales	ML
Torres de energía	Unidades	UN
Estación de bombeo	Unidades	UN

Tabla 3.3. Unidades y Abreviaciones para la Expresión de Daños a Infraestructura.

El valor de los daños se debe expresar en dólares americanos y correspondientes a la suma de la cantidad de daño por el valor unitario según la intensidad del mismo.

- **Actividades económicas.** En forma similar al caso de la infraestructura se debe indicar el tipo de actividad y la cantidad de daño para cada intensidad.
- **Daños ambientales.** Este campo guarda el mismo esquema que los anteriores y se completa siguiendo el mismo procedimiento.

➢ **Notas y apreciación de riesgo.**

Corresponde a la estimación de daños que podrían ocurrir como consecuencia del movimiento. Y recomendar medidas de prevención y mitigación.

- **Esquema.**

Se realiza el esquema de planta y perfil del movimiento para las características del mismo.

- **Registro Fotográfico.**

El registro del movimiento en donde se observe las mayores características del mismo.[14]

- **Ficha para Caracterización de Movimientos en Masa.**

Se utilizó el formato para "Caracterización de Movimientos en Masa", ficha técnica obtenida en la Universidad Nacional de Loja (Véase Anexos. Fichas de Campo 3.3.). Este formato captura información directa sobre el movimiento desplazado que se va estudiar, y constan de:

- **Datos generales.**

Se indica el número del movimiento al cual corresponde, con sus respectivas coordenadas geográficas (longitud, latitud, cota), de igual manera su respectivo registro fotográfico y la fecha en que se hizo el llenado de la ficha.

- **Talud.**

Consiste en indicar las características como su altura, la dirección que tiene, el ángulo de buzamiento que posee el talud, de igual manera su forma de ladera (recta, cóncava, convexa) y uso del terreno (arbustos y árboles, no vegetada, pastos, cultivos, residencial, vía presente).

[14] Libro de Movimientos en Masa para la Región Andina.

- **Características del Movimiento.**

Se indica el tipo de movimiento al cual pertenece pudiendo ser un deslizamiento, flujo, caída, reptación, erosión. De igual manera se toma en cuenta la distancia que hay entre el escarpe a la base, así como también su ancho. Se verifica el tipo de falla que se encuentra en el lugar de estudio, el mecanismo que hay, para que se haya producido el movimiento. Se debe tomar en cuenta si el movimiento se encuentra activo, inactivo, latente.

Continuando con el llenado de la ficha, se verifica el estado, la forma, área del escarpe y vegetación si se encontrase, como también la masa desplazada, la forma en que se encuentra, si contiene humedad y si hay vegetación en la maza desplazada. Se indica cómo se encuentra la superficie de falla (cubierta orgánica, suelo depositado, suelo residual, relleno) según sea el caso. La causa probable por que se originó el movimiento sea este por deforestación, erosión concentrada, exceso de agua, cargas de construcción, discontinuidades. Se debe descubrir el factor detonante, el cual incidió para que se produzca el movimiento. Causando daños ya sea a carreteras, residencias, áreas de pasto y si posee el movimiento algún tipo de estabilización como muros, canales, drenes.

- **Observaciones.**

Son características especiales que se encuentran en el lugar de estudio y tomadas en cuenta al momento de llenado de la ficha.

Trabajo de Gabinete.

Obtenida la información en el trabajo de campo, la relacionamos y corroboramos con nuestro material bibliográfico, procediendo de esta manera a la elaboración de nuestra base de datos, para lo cual nos valemos de los siguientes programas:

- Microsoft Office, version 2007 (Word, Excel, Access, Power Point).
- Autocad, versión 2009.
- Sistemas de Información Geográfica (Arc Map 9.2, Arc View Gis 3.2, Easy Trace).

De una manera secuencial y ordenada, a este paso se lo desarrollo de la siguiente manera:

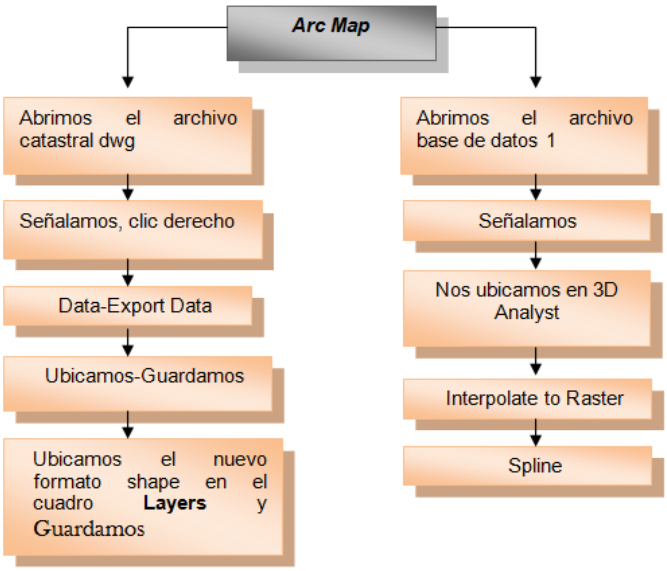
- **Elaboración del Mapa Topográfico.**

La elaboración del mapa topográfico se la realizó, siguiendo el presente esquema:

Paso 1. Utilizamos el programa Autocad 2009 para graficar el mapa catastral, cuyos datos se obtienen de la tarjeta de memoria de la estación Sokia 7000. Guardando el archivo como: catastral dwg.

Paso 2. Los puntos para las curvas nivel, se encuentran en un archivo Excel por defecto de la estación, los mismos que son trasladados al Access, como tabla de base de datos. Así mismo guardamos el archivo como: base de datos 1.

Paso 3. En el programa Arc map, abrimos los archivos catastral dwg y base de datos 1. Para trabajar en este programa es necesario que los archivos sean formato shape, para lo cual seguimos el siguiente esquema:



Cuadro 3.1. Secuencia para la Creación del Mapa Topográfico en el Programa **Arc Map**.

Obtenidos los layers en formato shape, se procede a la creación de la tabla de datos:

- Para las curvas de nivel: Open atribute table → add field creamos el campo toponimia y procedemos a la clasificación de las curvas principales y secundarias.

- **Elaboración del Mapa de Pendientes.**

Para generar un mapa de pendientes, en el cual se pueden distinguir cinco clases de intervalos que sub clasifican el terreno en igual número de partes lo cual nos permite valorar o asignar pesos diferentes a las distintas áreas generadas a partir de esta clasificación.

El método utilizado para esta clasificación fue el de "Reclassify" utilizado en el sistema de información geográfico "ARCVIEW versión 9.2". Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento:

Paso1. Se carga en el view los layers del polígono y las curvas de nivel para luego en la pestaña de **3d analyst** en la opción de **Create/Modify TIN** seleccionamos **Create TIN From Features**, dentro de la nueva ventana seleccionamos el layer de curvas de nivel y al lado izquierdo de la ventana en la opción **height source** seleccionamos la capa que consten los datos de las alturas en esta caso la capa se denomina altitud luego seleccionamos la opción **Triangúlate as** seleccionamos **soft clip**. De igual manera seleccionamos el layer del polígono en la opción de **Triangulate as** seleccionamos **soft clip** las demás opciones en este caso por defecto las dejamos con la opción de **None** por último le damos la carpeta de destino y damos OK este archivo por defecto se denomina tim.

Paso 2. Marcamos el layer del tim y vamos a la pestaña de **3D Analyst**, en la opción de **Surface Analysis** y seleccionamos **slope**. Se despliega una nueva ventana llamada **slope** en la opción **output measurement** marcamos la opción **degree**, en la opción **output cell size** damos el valor de tres y damos OK y es generado un nuevo layer llamado por defecto **Slope of tim.**

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

se genera un nuevo layer llamado por defecto Reclass of Slope of tin que es un archivo temporal.

Paso 4. El archivo temporal antes mencionado es necesario guardarlo en el formato shapefile para lo cual vamos a la pestaña **Spatial Analyst** escogemos la opción **Convert** y damos un clip sobre **raster to features** y con esto obtenemos un nuevo shapefile con el cual se puede trabajar.

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

Tabla 3.4. Clasificación de Pendientes (Varnes 1984-1988).

Cálculo de Pendientes.

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

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

En donde:

P = pendiente del terreno en %.

e = equidistancia entre curvas de nivel.

D = distancia horizontal entre los puntos considerados.

- **Fotointerpretación de Fotografías Aéreas.**

Para la determinación de movimientos en masa existentes en nuestra área de estudio, corroborando nuestros datos de campo, utilizaremos fotografías aéreas obtenidas a partir del programa google earth, donde se obtuvo las imágenes (Véase anexos. Fotografías Aéreas de Celica) con las siguientes características:

Imagen	Longitud	Latitud	Altura Terreno	Altura Cámara	Tipo FRM	Fecha
1	4°06'15,18"	79°57'26,25"	1980	2270 mts	M.Traslacional	10-jul-07
2	4°06'16,39"	79°57'31,19"	1961	2270 mts	Reptación	10-jul-07

Tabla 3.5. Características de Imágenes.

Del análisis de las fotografías aéreas, también nos permitirá determinar elementos tales como: Vegetación, Drenaje, Topografía, Subsistema Construido entre otros.

Además es necesaria la fotointerpretación de fotografías aéreas de hace 13 años, las cuales fueron tomadas por el IGM, en el año de 1996, las mismas que fueron facilitadas por el CINFA (U.N.L.) a escala 1:60000.

El proceso para obtener la información contenida en la fotografía aérea, en una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados. Se requieren ciertos conocimientos acerca de los procesos geomorfológicos, formaciones vegetales y usos del suelo del área de trabajo; hace falta además tener en cuenta la escala de la foto y el tamaño de los objetos representados. Resulta por tanto una técnica instrumental útil en estudios territoriales.

El primer paso sería orientar las fotos. Puede hacerse a partir de la dirección de las sombras y de la hora indicada en el reloj de la foto o bien, de forma más exacta, mediante un mapa topográfico de la zona.

Existen diferentes elementos en las fotos que pueden utilizarse para la identificación de elementos en las mismas, bien a simple vista o bien con el apoyo de la visión esteoroscópica:

- Tamaño de los elementos (teniendo siempre en cuenta la escala).
- La forma de los elementos.
- Las sombras, que pueden dar pistas sobre la forma del objeto ocultas en una vista aérea.
- El tono que indica la reflectividad en la región del visible.
- Textura, distribución de colores en una fotografía.
- Distribución de los elementos.

- **Metodología para el Cálculo de Área y Volumen de los Movimientos en Masa.**

Para la determinación del área y volumen de los movimientos en masa, de nuestra área de estudio, nos valemos del programa Arc Map, en el que se procede a realizar los siguientes pasos:

- Dentro del programa Arc Map 9.0, creamos los shapes de tipo ***polygon*** correspondientes para cada uno de los deslizamientos presentes en nuestra área de estudio.
- Dentro de nuestra base topográfica delimitamos los deslizamientos, creando el polígono correspondiente.
- Una vez delimitados, para obtener la topografía de cada uno de nuestros deslizamientos, procedemos a extraerlos, ubicándonos en el icono ***Arc Tool Box***, elegimos el icono ***analysis tools***, lo desplegamos y nos ubicamos en el icono ***extract*** – **Clip,** hacemos doble clic y de inmediato nos aparece un cuadro de dialogo, dentro del cual tendremos cinco espacios, en los que en primer espacio

denominado ***input features*** arrastramos el ***shape curvas de nivel***, en el segundo espacio ***clip features*** arrastramos el ***shape*** creado para el movimiento respectivo, en el tercer espacio ***output feature class*** cambiamos el nombre y ubicamos en la carpeta de destino que queramos.

- Creada la topografía de cada uno de los deslizamientos de nuestra área de estudio, procedemos a convertirlos a formato ***tin***, para lo que nos ubicamos en el icono ***3d analyst***, seleccionamos ***create modify tin*** opción ***create tin from features,*** inmediatamente se abre un cuadro de diálogo dentro del cual ponemos las siguientes características, seleccionamos el shape que vamos a cambiar, en el espacio ***heigth source*** dejamos ***contour*** en el espacio ***triangulate as*** ponemos ***soft line*** y ***ok.***
- Una vez obtenido nuestro ***tin*** señalamos el ***shape*** del movimiento que vamos a obtener la información del área y volumen, para lo que nos ubicamos en el icono ***3d Analyst, señalamos surface analysis*** y escogemos la opción ***Area y Volume…*** inmediatamente se abre un cuadro de dialogo, en donde nos colocamos en el icono ***calculate statistics.*** Donde aparecerán los valores de los deslizamientos estudiados.
- **Análisis de las Muestras.**

Las muestras de suelo obtenidas en nuestra área de estudio se analizaron en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja de la Unidad de Ingeniería Civil, Geología y Minas, (Véase anexos. Informe de Análisis) en donde se practicaron los siguientes ensayos:

- **Clasificación de Suelos.-** Lo cual nos permitirá, determinar:
  - ***Contenido de Agua.-*** Nos permitirá determinar la cantidad de agua que el suelo contiene al momento de ser extraído.
  - ***Límite Líquido.-*** Nos permitirá determinar el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico.
  - ***Límite Plástico.-*** Nos permitirá determinar el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.
  - ***Granulometría.-*** Nos permitirá medir el tamaño de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.
  - ***Clasificación del Suelo.-*** Esta clasificación nos permite determinar:

- Grava.
- Arena.
- Limo - Arcillas.

- **Compactación.-** Nos permitirá determinar la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Este ensayo nos permitirá aplicar normas ingenieriles para el tratamiento de nuestra área de estudio.

- **CBR de Laboratorio.-** Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub – bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Las muestras de rocas fueron analizadas en el laboratorio Geoquímico Minero y Ambiental de la Universidad Nacional de Loja, donde se realizaron ensayos comunes y de manera general (Véase Anexos. Informe de Análisis).

3.3.2. Objetivo nro. 2:

"Determinar las Zonas más Vulnerables y Susceptibles a Movimientos en Masa en dicha Área de Estudio".

Trabajo de Campo.

Para el cumplimiento del presente objetivo, se basó en la determinación de las zonas más vulnerables del área de estudio, para lo cual se realizó la evaluación de los factores de vulnerabilidad física y socio económicos del Barrio ¨9 de Diciembre¨, mediante la realización de encuestas a cada casa del área de estudio, con la finalidad de obtener las principales características. Para esto se basó en la matriz de Bertín (Tabla 3.6). La matriz de Bertín (Bertín, 1997), permite una visión y una interpretación rápida de los datos, los mismos que comprenden diez factores principales de vulnerabilidad física, y socio-económica (Véase Anexos. Fichas de Campo 3.4.).

MATRIZ DE BERTIN										
Tipos de vivienda	***FACTORES FISICOS***						***FACTORES SOCIO-ECONOMICOS***			
	Tipo y categ. de edifis.	Infra. Serv. Públi.	Infra. vial	Pendientes	Geología	Tipos de constr	Nivel socio-económ	# de Hogares por vivienda	# de pers. por viv.	Prog. Prev. a desastres
Tipo A										
Tipo B										
Tipo C										

Tabla 3.6. Matriz de Bertín. Fuente (Bertín, 1997).

Encuesta.

La información requerida para el llenado de la encuestas, fue proporcionada por un representante de cada hogar, por vivienda.

El total de encuestas realizadas fue de 110, de donde se obtuvo los siguientes resultados:

Universo de Encuestas		
Tipo	***N° Viviendas***	***N° Personas Encuestadas***
Zona Afectada	***60***	***50***
Zona de Influencia	***75***	***60***
Total	**135**	**110**

Zona Afectada		***Zona de Influencia***	
Nivel Socio-Económico		***Nivel Socio-Económico***	
Medio Alto-Alto	5%	Medio Alto-Alto	10%
Medio	25%	Medio	50%
Medio Bajo	50%	Medio Bajo	20%
Bajo muy Bajo	20%	Bajo muy Bajo	10%
N° de Hogares por Vivienda		***N° de Hogares por Vivienda***	
Un hogar	40%	Un hogar	60%
Dos Hogares	50%	Dos Hogares	30%
Más de dos hogares	10%	Más de dos hogares	10%
Números de Personas por Vivienda		***Números de Personas por Vivienda***	
0 – 5 por / Vivienda	10%	0 – 5 por / Vivienda	20%
6 – 10 por / Vivienda	60%	6 – 10 por / Vivienda	50%
más de 10 por / vivienda	40%	más de 10 por / vivienda	30%

Cuadro 3.2. Porcentaje de resultados de las encuestas realizadas.

La encuesta contempla la siguiente información:

- **Tipología y Características de las Edificaciones.**

  Este campo trata del tipo de viviendas, así como los materiales empleados para su arquitectura y su grado de profundidad en la construcción de la misma.

- **Infraestructura de servicios públicos.**

  Hace referencia, si en cada una de las viviendas cuenta o no con todos los servicios necesarios que se necesita para mejorar la calidad de vida.

- **Infraestructura vial.**

Trata de la red vial del sector de estudio en mención. Tomando en cuenta el material utilizado con el que se hizo la vía.

- **Tipos de construcción.**
  En la utilización de los materiales utilizados para su construcción, los tipos son:

  - **Tipo A**. Muros de mampostería en seco o con barro, de adobes, o de tapial.
  - **Tipo B**. Muros de ladrillo, bloques, mampostería, entramados de madera.
  - **Tipo C**. Estructura metálica y hormigón armado.

Tomando en cuenta, la pendiente y si la vivienda se encuentra ubicada a mayor o menor grado.

- **Formaciones geológicas superficiales.**
  Las características del subsuelo sean estas estables o no, donde se encuentra asentado el lugar de estudio.

- **Factores de vulnerabilidad socio-económicas.**
  Hace referencia a la familia que habita la vivienda, su nivel económico, cuantos hogares habitan, cuantas personas se encuentran y si se han aplicado programas de desastres en el lugar de estudio.

- **Factores Condicionantes y Desencadenantes.**

Para la recolección de los datos de los factores condicionantes y desencadenantes, se lo realizo a través del formato de "Inventarios de Movimientos en Masa Versión 1,0 utilizada en el Proyecto Multinacional Andino; Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA)", (Véase Anexos. Fichas de Campo 3.1.).

Trabajo de Gabinete.

Luego de determinar los factores condicionantes y desencadenantes de nuestra área de estudio procedemos a la elaboración de los mapas de vulnerabilidad y susceptibilidad, con la ayuda del programa Arc. Map. 9.2.

- **Mapa de Vulnerabilidad.**

Para la obtención de las zonas más vulnerables de nuestra área de estudio fue necesaria la creación de una base de datos en el programa Arc Map a partir de nuestra ficha de campo (Véase Anexos. Ficha de Campo 3.4.). Utilizamos como base el mapa catastral (Véase Anexos. Mapa 17: Mapa Catastral del Barrio 9 de Diciembre), de donde creamos un nuevo ***shape***, tipo ***plolygon***, lo georeferenciamos y ubicamos dentro del ***layer*** que estamos trabajando. Con la ayuda del ***sketch tool*** repasamos nuevamente cada uno de los polígonos de nuestro mapa base (catastral). Terminada la delineación de todos los polígonos, abrimos la tabla de atributos y creamos la base de datos que contemplara los siguientes campos, con los siguientes rangos:

Vulnerabilidad	
Factores de Vulnerabilidad Física	
Descripción	***Rango***
Diseño y Construcción	1 – 2
Sistemas estructurales	1 – 5
Fundaciones	1 – 3
Alcantarillado	1 – 6
Energía Eléctrica	1 – 2
Infraestructura Vial	1 – 2
Tipo de Construcción	1 – 2
Pendientes	Véase Tabla 3.4
Formaciones Geológicas Superficiales	1 – 2
Factores de Vulnerabilidad Socio-Económica	
Descripción	***Rango***
Nivel socio-económico	1 – 4
Número de hogares por vivienda	1 – 3

Número de personas por vivienda	1 – 3
Programa de prevención por desastres	1 – 3

Tabla 3.7. Campos y Rangos para Base de Datos de Vulnerabilidad.

Los 13 campos creados, tendrán su valoración conforme la información obtenida en nuestra área de estudio producto de las encuestas realizadas a los moradores del sector, de donde obtendremos mapa de vulnerabilidad física y vulnerabilidad socio-económica.

Cada campo será desplegado y convertido a formato ***raster*** a través de la opción ***spatial analyst***, para ser relacionado uno con otro. Producto del cual obtendremos el mapa de vulnerabilidad, el mismo que será asignado valores tipo lickert.

Patrones de Movimientos en Masa en el Área de Estudio.

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

- **Asignación de pesos relativos tipo Lickert.**

  - **Peso relativo 1.**
    Se refiere a las condiciones biofísicas menos favorables para que se produzcan las remociones en masa.
  - **Peso relativo 2**
    A diferencia del caso anterior, las características de las variables consideradas en este estudio van cambiando y con ello, aumentando la susceptibilidad a movimientos en masa.
  - **Peso relativo 3.**

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

- **Peso relativo 4 y 5.**

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

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

Tabla 3.8. Pesos Relativos (Adaptado G. Guamán. UNIGIS).

- **Mapa de Susceptibilidad.**

Para la determinación de las zonas más susceptibles a movimientos en masa se utilizó como base los siguientes mapas:

- ***Mapa Geológico.-*** Luego de los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas y la información de campo que se desarrolló en el primer objetivo, se elaboró el mapa geológico, mediante la triangulación de puntos en el programa Arc Map.

Además se realizó el análisis de la geología regional del sector de estudio, utilizando la Tabla Susceptibilidad de litología a los movimientos en masa, (Mora y Varhson 1993), a los que se les dio un peso de acuerdo a sus características.

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

con muchos finos.		

Tabla 3.9. Susceptibilidad de Litología a los Movimientos en Masa (Mora y Varhson 1993).

Mapa de Pendientes.- Las pendientes de los taludes, con rangos mayores a 31°- 45° y 46° - 90°, las cuales según la metodología Varnes (1984-1988), son altas y muy altas, de tipo III y IV, que presentan un índice de inestabilidad en la superficie de talud, además se relacionó con los factores de relieve (Véase Tabla 3.4. Clasificación de Pendientes Varnes 1984-1988). Después de haber realizado la clasificación de las pendientes (Varnes 1984-1988), se procedió a dar un peso relativo a cada una de las pendientes, (G. Guamán. UNIGIS), para poder realizar la suma de mapas para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector.

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

Tabla 3.10. Peso Relativo de Acuerdo al Uso de Suelo. Fuente**.** (Adaptado G. Guamán. UNIGIS).

- ***Mapa de Uso de Suelo.-*** Para la elaboración de este mapa se utilizó la interpretación de las fotografías aéreas del Barrio 9 de Diciembre. Además de la clasificación y el peso que se le asigno.

Peso	Uso del Suelo
1	Asentamientos Humanos

2	Pastizales
3	Bosque

Tabla 3.11. Peso Relativo de Acuerdo al Uso de Suelo. Fuente**.** (Adaptado G. Guamán. UNIGIS).

- ***Mapa de Isoyetas.-*** Se realizó mediante la recopilación de información de las estaciones meteorológicas: Alamor, Celica y Sozoranga; las referencias registradas se las ingreso a una base de datos mediante el programa Excel 2007, para luego proceder a exportarlo al programa ArcGis 9.2, para de esta manera convertirlo a un formato Shp y realizar la triangulación mediante la opción de interpolación. Donde se le asigno los siguientes pesos de acuerdo zonas climáticas (Tabla 3.7, Castaños et al., 1980).

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

Tabla 3.12. Peso Relativo de Acuerdo al Rango de Precipitación Fuente. (OSSO, 1995).

- ***Mapa de Isotermas.-*** Al igual que el mapa de isoyetas, la información de las estaciones meteorológicas de: Alamor, Celica y Sozoranga, son registradas en Excel 2007 y exportadas al Arc Map, en donde serán interpoladas y se les asignará los pesos de acuerdo a la clasificación de pisos térmicos (Tabla 3.6, Castaños et al., 1980).

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

Tabla 3.13. Clasificación de Pisos Térmicos Fuente. (Castaños et al.1980).

Esquema General del Análisis.

Obtenidos los factores principales para la generación de los mapas, se realizan los siguientes análisis, que pueden verse en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.3. Secuencia para la Obtención del Mapa de Susceptibilidad.

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

3.3.3. Objetivo nro. 3:

"Proponer una Base de Zonificación que permita un Ordenamiento Territorial para el Barrio 9 de Diciembre de la Ciudad de Celica".

Trabajo de Campo.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesario buscar otras alternativas en cuanto al espacio físico se refiere, con el fin de evacuar las viviendas más afectadas. Para lo cual hicimos un recorrido por lo zona urbana de la Ciudad de Celica, tratando de ubicar zonas estables y disponibles, las mismas que serán destinadas para la construcción de las nuevas viviendas.

- **Análisis de Probabilidad de Deslizamientos.**

La probabilidad de la ocurrencia de deslizamientos puede expresarse en los siguientes términos:

- El número de deslizamientos de ciertas características que puede ocurrir en un área por año.
- La probabilidad de que una ladera o talud particular presente deslizamientos en un determinado tiempo.
- Las fuerzas actuantes que exceden las fuerzas resistentes en términos de probabilidad sin tener en cuenta su frecuencia anual.

- **Valoración Directa Basada en el Criterio de un Experto.**

La evaluación por expertos es tal vez, el método del mapeo más utilizado. Este se basa en la experiencia de un experto quien define las reglas y criterios de estabilidad y

evolución de los movimientos. Estos criterios se basan en la experiencia adquirida en situaciones supuestamente similares.

Las ventajas de la evaluación por parte de un experto son el análisis multicriterio que está implícito en la mente del profesional experimentado, que puede ser analizado en diferentes escalas con un manejo constante de información anterior basada en la descripción detallada de la situación de campo. Para ello nos basamos en el criterio del Ing. Elías Ibadango, Coordinador de la Geología Aplicada, del Servicio de Geología Nacional (SENAGE), del Ministerio de Minas y Petróleos de la República del Ecuador.

Trabajo de Gabinete.

La obtención de la zonificación de riesgos de nuestra área de estudio será realizada en el programa Arc Map. En el cual sumaremos los mapas de: Vulnerabilidad, Amenazas y Susceptibilidad.

Los mapas de vulnerabilidad y susceptibilidad elaborados en el segundo objetivo nos servirán para el desarrollo de la zonificación de riesgos. Por lo que procedimos a la elaboración del mapa de amenazas.

- **Elaboración del Mapa de Amenazas.**

Amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado período de tiempo. (Varnes 1984).

La amenaza a los deslizamientos generalmente, se muestra en planos que indican la distribución espacial de los diversos tipos de amenaza. La zonificación de amenazas

requiere tener en cuenta varios elementos, los cuales están descritos en la siguiente tabla:

Factores Geológicos				
Factor	***Descripción***	***Categoría***	***Peso***	***Observaciones***
Litología	***Tipo de Material***	***Tipo I***		
		Cuarcita y Caliza	0,2	Muy meteorizada x 4
		Granito y Gaugo	0,3	Algo meteorizada x 3
		Neiss	0,4	Poco meteorizada x 2
		Tipo II		
		Areniscas	1	Muy meteorizada x 1,5
		Areniscas con Lutitas	1,3	Algo meteorizada x 1,25
				Poco meteorizada x 1,1
		Tipo III		
		Pizarra y Filita	1,2	
		Esquistos	1,3	
		Lutitas no arcillosas	1,8	
		Esquistos, Lutitas o filitas muy meteorizadas	2	
		Materiales aluviales	0,8	
		Suelos Arcillosos	1	
		Suelos Arenosos blandos	1,4	
		Coluviones Antiguos	1,2	
		Coluviones Jóvenes	2	

Estructura	***Relación Talud y Discontinuidades***	Más de 30° 21° a 30° 11° a 20° 6° a 10° Menos de 5°	0,2 0,25 0,3 0,4 0,5	Se mide el ángulo que forman la dirección del talud y la dirección de las discontinuidades más representativas
	Relación Buzamiento e inclinación del talud	Más de 10° 0° a 10° 0° 0° a -10° Más de -10°	0,3 0,5 0,7 0,8 1	Si el buzamiento es mayor que el del talud el ángulo es positivo y si es menor que el del talud el ángulo es negativo
	Buzamiento de la discontinuidad	menos de 15° 16° a 25° 26° a 35° 36° a 45° Más de 45°	0,2 0,25 0,3 0,4 0,5	
	Espesor de la capa de suelo	Menos de 5 m 6 a 10 m 11m a 15m 16m a 20m Más de 20m	0,65 0,85 1,3 2 2,2	

FACTORES TOPOGRAFICOS Y AMBIENTALES

FACTOR	***CATEGORIA***	***PESO***
Morfometría Pendientes de Taludes	Más de 45^0 36^0 a 45^0 26^0 a 35^0 16^0 a 25^0 Menos de 15^0	2.0 1.7 1.2 0.8 0.5

Relieve Relativo Diferencia de altura entre la divisoria de agua y el valle	Menos de 100 metros 101 a 300 metros Más de 300 metros	0.3 0.6 1.0
Uso de Tierra	Área Urbana Cultivos anuales Vegetación intensa Vegetación moderada	2.00 2.00 0.80 1.20
	Vegetación escasa Terrenos áridos	1.50 2.00
Aguas Subterráneas	Inundable Pantanoso Muy húmedo Húmedo Seco	1.0 0.8 0.5 0.2 0.0

Tabla 3.14. Pesos de los Factores en la Evaluación de Amenazas a Deslizamientos (Ambalagan 1992).

SUMATORIA O AMENAZA TOTAL		
Amenaza total	***Descripción***	***Suma de los pesos***
I	Amenaza muy baja	3.5
II	Amenaza baja	3.5 a 5
III	Amenaza moderada	5.1 a 6.0
IV	Amenaza alta	6.1 a 7.5
V	Amenaza muy alta	7.5

Tabla 3.15. Sumatoria de los Pesos (Ambalagan 1992).

Obtenidos los resultados, creamos la base de datos para el mapa de amenazas, el mismo que se logra de la sumatoria de las características físicas de nuestra área de estudio, para luego asignar los pesos relativos y así obtener el mapa de amenazas.

- **Elaboración del Mapa de Zonificación.**

La zonificación de riesgos, se traduce como el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno (Varnes 1984). Para la implementación de medidas de prevención y control es conveniente identificar los niveles de riesgo. El análisis de riesgo se fundamenta en la observación y registro de los indicadores tanto naturales como los producidos por acción antrópica, analizados desde el punto de vista de las consecuencias resultantes en el caso de formación o progreso de procesos de deslizamiento. Para el análisis de riesgo es importante que sean definidos los tipos y procesos, sus parámetros de formación y progreso y la previsión de las consecuencias resultantes.

A partir de este procedimiento es posible caracterizar las situaciones de riesgo valiéndonos de mapas como el de vulnerabilidad, susceptibilidad y amenazas, los cuales son ingresados en la base de datos Arc Map, analizados y multiplicados como formato ***raster,*** para obtener de esta manera una representación cartográfica de los riesgos que se suscitan en nuestra área de estudio, información que a su vez nos permitió elaborar una base de ordenamiento territorial.

- **Metodología para una Base de Ordenamiento Territorial.**

La metodología empleada para el desarrollo de un plan de ordenamiento territorial, fue la relación del mapa de zonificación de riesgos con los aspectos sociales y económicos de nuestra área de estudio, con lo cual se obtuvo un mapa base de zonificación territorial, del que serán ubicadas las zonas aptas e idóneas para el desarrollo urbano del Barrio 9 de Diciembre.

Geología Ambiental y Clasificación del Territorio.

Geología Ambiental. La Geología Ambiental es una rama de la Geología que estudia los riesgos que pueden ocasionar los fenómenos naturales sobre la población y los recursos naturales; identifica, analiza y ubica las afectaciones potenciales a partir de:

- Precipitaciones extraordinarias.
- Erupciones volcánicas.
- Movimientos telúricos.
- Inundaciones.
- Erosionabilidad.
- Deslizamientos de masas.
- Contaminación (natural y antrópica).

Su principal objetivo es proporcionar a las personas involucradas el conocimiento básico de la Cartografía Geológico-Ambiental que permita administrar y prevenir el manejo de los peligros naturales que puedan afectar a la sociedad, (poblaciones, asentamientos humanos) actividades económicas (industria), obras civiles (infraestructura, construcciones, rellenos), así como mantener una explotación racional y limpia de los recursos naturales.

La Geología Ambiental es parte fundamental y definitiva para llevar a cabo un ordenamiento ecológico-territorial con las bases técnicas-científicas apropiadas y requeridas para llevar a cabo ésta actividad, mediante la combinación de las condiciones socioeconómicas[15]. Es decir, se logra una total armonía y perfecto balance de:

- Ambiente Socioeconómico.
- Recursos Naturales.
- Riesgos Naturales.

En la caracterización del Medio Físico se involucran estados precisos de la dinámica de los sistemas geológicos considerando su evolución, implicando todo lo relacionado a los recursos naturales y riesgos naturales.

[15] Monografías de la Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente, MOPT, 1992. "Guía para la elaboración de estudios del medio físico".

La Geología Ambiental aplica los conocimientos geológicos a la investigación del ambiente y en los casos de contaminación, contribuye al diagnóstico y corrección de dichos problemas. La geología ambiental, por consiguiente, se ocupa del estudio de los riesgos geológicos naturales y antropogénicos.

Los riesgos geológicos naturales son de diverso origen: erupciones volcánicas, actividad sísmica, inundaciones, deslizamientos de tierra, avalanchas de barro, erosión, incendios provocados por rayos u otras causas naturales.

Los riesgos generados por las actividades humanas, o riesgos de origen antrópico, que entren dentro del campo de la geología ambiental, son los relacionados con la mayor o menor vulnerabilidad de los terrenos y de las mapas de aguas subterráneas susceptibles de contaminación.

Clasificación del Territorio.

De acuerdo con lo especificado la constitución de cada País y conforme con los Usos del Suelo y el estado actual del parcelamiento del territorio, se puede tener la siguiente clasificación del territorio.

Áreas Centrales: Son las destinadas a usos comerciales, administrativos y de servicios, concentrando actividades de gran atractividad que generan intenso movimiento y afluencia de público por tratarse de áreas de buena accesibilidad.

Áreas Residenciales: Son las destinadas a la localización de vivienda como uso predominante o exclusivo. Su delimitación y normativa tiene por objetivo garantizar buenas condiciones de habitabilidad, admitiéndose únicamente otros usos si son complementarios del residencial.

Áreas Industriales: Son las destinadas a las actividades productivas y depósitos permitiendo el desarrollo de éstas en adecuadas condiciones ambientales, sin agredir el entorno y preservando su calidad ambiental urbana.

Ejes Comerciales: Zonas de características lineales, cuyos usos se vinculan fuertemente al carácter estructurante de la arteria a lo largo de la cual se agrupan. Permiten la localización de actividades que requieren y se benefician con los diferentes niveles de accesibilidad.

Áreas de Usos Específicos: Son aquellas destinadas a la localización de equipamientos deportivos, sanitarios, recreativos, educativos, religiosos, vinculados a

la defensa, la seguridad y otros usos específicos localizados en predios de grandes superficies.

Zonas de Reserva: Son aquellas fracciones, delimitadas por éste código, de grandes superficies sin amenazar que están zonificadas como usos específicos que pueden incorporarse al tejido urbano mediante normativas especiales estudiadas al efecto.

Clasificación de usos.

- **Uso Permitido.** Son todos los usos (predominantes o complementarios), cuando el uso esté permitido, el propietario del predio puede solicitar la radicación o habilitación de ese uso y/o la aprobación de planos de obra con destino conforme a ese uso para edificación nueva, ampliaciones o remodelaciones que las normas de ocupación del suelo le permitan.

Todos los usos permitidos en el cuadro general de usos podrán localizarse siempre que los grados de perturbación que originen sean compatibles con los umbrales máximos que se establecen para cada zona en las respectivas normas de calidad ambiental.

- **Uso Prohibido.** Son aquellos cuyo desarrollo se considera incompatible con los autorizados de acuerdo a las características de la zona. En caso que un uso sea prohibido, no se procederá a la aprobación del plano de obra nueva ni se autorizará la ampliación o habilitación de ningún tipo de local con ese destino, corriendo por cuenta del propietario los perjuicios derivados de la clausura y/o demolición de obras realizadas sin autorización. Únicamente podrá autorizarse la realización de trabajos cuya índole implique una disminución del grado de perturbación que generan.

- **Uso no Conforme.** Recibe esta designación cualquier actividad preexistente y habilitada que se desarrolle en una parcela y no cumpla con las normas que este Código determine para la zona en que esté ubicada o configure un uso prohibido en la misma.

- **Uso Condicionado.** Es una actividad que presenta inconvenientes para su radicación en la zona, pero que, sobre la base del cumplimiento de prescripciones o requisitos específicos.

- **Uso no Consignado.** Son todos aquellos usos que no figuran o que no pueden ser otorgados con permisos para que se realicen edificaciones, o cualquier tipo de construcciones que pongan en riesgo la vida de personas.

- **Uso Compatible.** Son aquellos usos que pueden complementarse con otros sin crear inconvenientes a su entorno, pero que, en virtud de su funcionamiento, deben tener cualidades vinculadas al lugar donde se instalen por lo cual deberán contar con características propias que serán evaluadas.

3.3.4. Objetivo nro. 4:

"Recomendar Medidas de Prevención y Mitigación para Salvaguardar la Integridad y Vida de las personas, sus Bienes Materiales y Obras de Infraestructura Básica".

Para el cumplimiento del presente objetivo, partiremos de la siguiente metodología, en base al "Análisis Preliminar de la Amenaza y Vulnerabilidad Generadas por el Deslizamiento del Alto Tapesco, Santa Ana, Costa Rica en 1986, donde se propondrá medidas de prevención a corto y largo plazo. Las mismas que se darán a conocer a las autoridades del Ilustre Municipio del Cantón Célica, mediante el presente informe técnico ingenieril, los cuales verán su factibilidad en dicho barrio, dando lugar a la aprobación para que dicho informe técnico sea aprobado e implantado en el Barrio 9 de Diciembre.

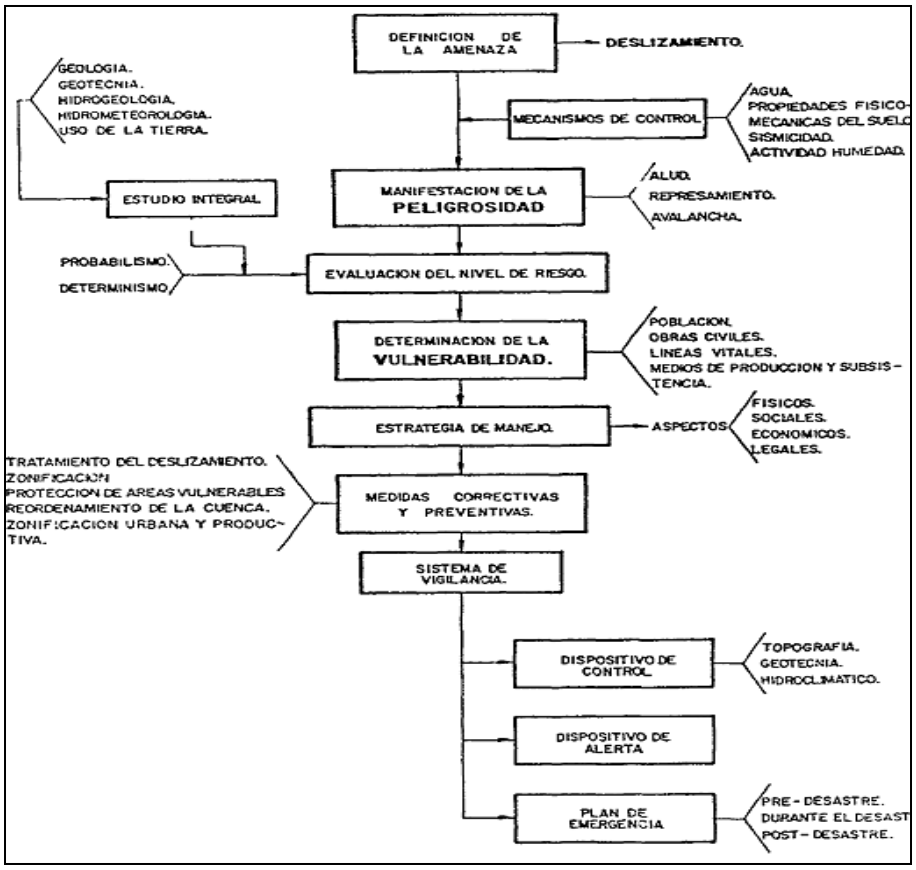


Grafico 3.3. Esquema Conceptual para el Enfoque de un Deslizamiento Potencialmente Destructivo. Alto Tapesco, Santa Ana, Costa Rica en 1986.

- **Acciones a corto plazo.**

Estas acciones se orientan a promover procesos colectivos de organización y participación comunitaria por parte del Ilustre Municipio del Cantón Celica en el Barrio 9 de Diciembre, favoreciendo el mejoramiento de la calidad de vida, el ejercicio de los derechos y deberes sociales, el bienestar de la comunidad en riesgo, la voluntariedad y la corresponsabilidad de la sociedad en general. Para ello se realizara.

El respectivo control de los deslizamientos en base a la geotecnia por medio de una estación sísmica, GPS diferencial, comprobando si ha tenido cambios en la topografía del sector. Así mismo seguir realizando las respectivas mediciones en las paredes de las casas, constatando si hubo cambios o no. De igual manera con la captación y encauzamiento ordenado de las aguas pluviales del sector.

El plan de emergencia y la acción de evacuación por parte de la Coordinación General del Ilustre Municipio del Cantón Célica, en el momento que se produzca el movimiento de los deslizamientos en el Barrio 9 de Diciembre. Se realizará el croquis de evacuación a fin de establecer correctamente los sectores de menor vulnerabilidad y se calificarán las zonas de seguridad para armar el campamento o albergue de emergencia, donde conducirán a heridos, enfermos, extraviados, entre otros, al realizar la evacuación. Si la situación lo admite, se realizara el rescate de bienes de acuerdo al orden de prioridad.

- **Acciones a largo plazo.**

Acciones que atienden las necesidades básicas de la población mediante intervenciones de asistencia técnica y monitoreo para asegurar que se prevengan las causas y los efectos del desplazamiento en el Barrio 9 de diciembre por parte del Ilustre Municipio del Cantón Celica.

Se realizará el respectivo tratamiento de los deslizamientos, con el fin de mitigarlos en lo posible en su totalidad, evitando pérdidas de vidas humanas y daños materiales. Se efectuará un análisis fotogramétrico que permita a bajo costo mantener una vigilancia global sobre el área. Además de inspecciones hechas por profesionales periódicamente. Se respetaran los mapas que se incluye en este trabajo, disminuyendo el crecimiento urbano en las áreas de mayor amenaza, con el fin de minimizarla. Realizar un plan de reordenamiento territorial en el sector.

4. RESULTADOS.

4.1. Descripción General del Área de Estudio.

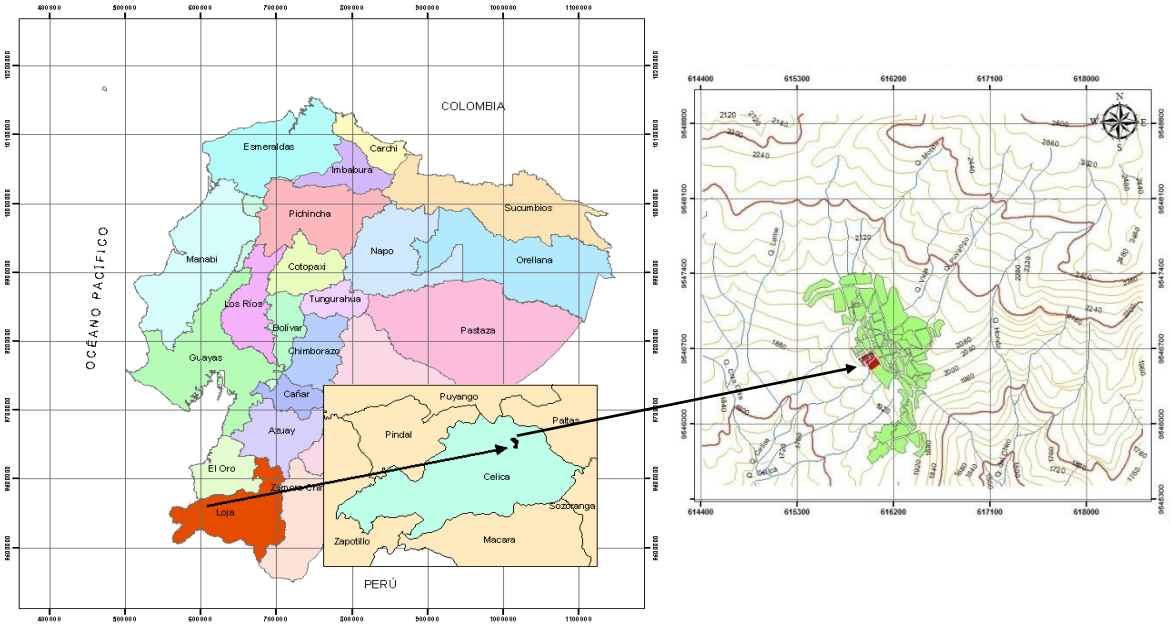


Gráfico Nº 4.1. Ubicación Geográfica del Área de Estudio.

Localización Geográfica.

Nuestra área de estudio pertenece al Cantón Celica, misma que se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental de Los Andes, en las coordenadas UTM x=615750; y=9546300; z=2080 m.s.n.m. Este cantón se ubica al centro occidente de la provincia de Loja, ubicada al sur del Ecuador.

Ubicación Administrativa.

El cantón Celica limita al norte con el Cantón Pindal, Puyango y Paltas, al Sur con el Cantón Macará y Zapotillo, al Este con el Cantón Sozoranga y Paltas y al Oeste con el Cantón Zapotillo. Este cantón tiene una parroquia urbana en la que encuentran los barrios de: Los Pinos, San Vicente, La Unión, Tnte. Maximiliano Rodríguez, Central, Confraternidad, Alborada, Sucre, ***9 de Diciembre,*** Amazonas y 5 de Septiembre. Además de **4 Parroquias Rurales** como: Cruzpamba, Sabanilla, San Juan de Pózul y Tnte. Maximiliano Rodríguez.

De acuerdo con el reglamento y ordenanzas municipales del Cantón Celica, el perímetro urbano abarca una superficie de 517,8 Km^2, estableciendo los siguientes límites para los cuales se especifican en coordenadas descritas en la siguiente tabla:

Perímetro Urbano		
Puntos	***Norte***	
	x	**y**
N1	615760	9547438
N2	616142	9547415
Puntos	***Sur***	
	x	***y***
S1	616525	9545628
S2	615959	9545613
Puntos	***Este***	
	x	***y***
E1	616716	9546945
Puntos	***Oeste***	
	x	***y***
OE1	616216	9546143

Tabla 4.1. Coordenadas de la Parroquia Urbana Celica.

Acceso.

El acceso a esta zona se lo puede realizar por vía terrestre de primer orden que va desde la ciudad de Loja, pasando por los cantones Catamayo y Catacocha, para luego

tomar en El Empalme la vía que se dirige a Celica, cubriendo un trayecto de 155 Km, en un tiempo aproximado de 3 horas.

Por vía aérea se lo puede efectuar desde la ciudad de Quito o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo, para luego tomar la vía de primer orden que va hacia Catacocha-El Empalme-Celica, cubriendo un trayecto de 115 Km, en un tiempo aproximado de 2 horas.

Nuestra área de estudio se encuentra dentro de la parroquia urbana Celica, en el Barrio 9 de Diciembre, específicamente en las coordenadas geográficas UTM: X=615747; Y=9546273; z=1992 msnm. Cubre un área de 37453 m^2.

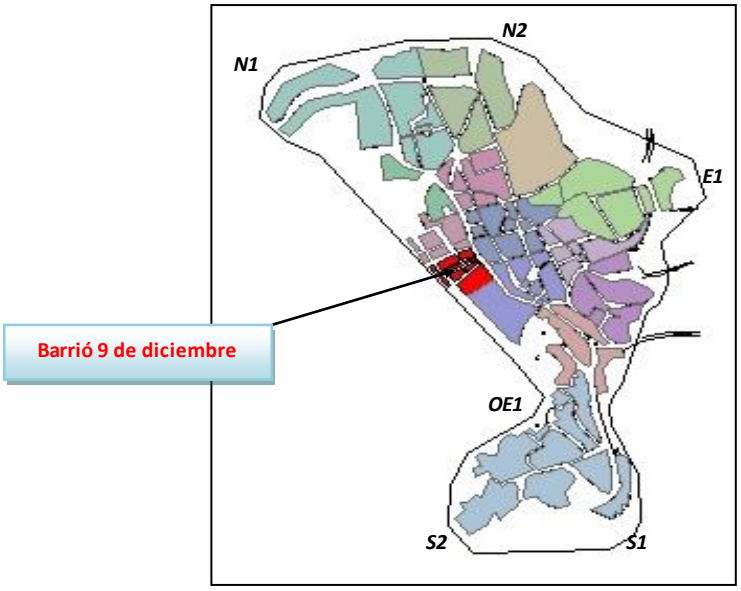


Gráfico 4.2. Ubicación del Barrio 9 de diciembre.

4.2. Topografía.

La ciudad de Célica se encuentra emplazada en una zona de pendiente media-alta en las estribaciones de la Cordillera Occidental, caracterizada por una topografía irregular con inclinaciones entre 15° y 32° y pequeñas planicies que se desarrollan entre alturas que varían desde los 1850 m.s.n.m. en las partes bajas hasta los 2650 m.s.n.m. en los sectores más altos. En esta superficie se destacan colinas alargadas en la parte norte, valles en forma de V y morfología ondulada. La ciudad de Celica localizada a 2080 m.s.n.m., se ha desarrollado sobre una explanada de dirección NO – SE.

Nuestra área de estudio se caracteriza por encontrarse en una de zona de mediana pendiente la misma que representa el 10% del total de la ciudad de Celica, cubriendo un área aproximada de 3.74 Ha. Las cotas van desde 1980 m. a 2000 m.

4.3. Morfología.

La zona de estudio está emplazada en una zona de pendiente media-alta en las estribaciones de la Cordillera Occidental, caracterizada por una topografía irregular con inclinaciones entre 15° y 32° y pequeñas planicies que se desarrollan entre alturas que varían desde los 1850 m.s.n.m. en las partes bajas hasta los 2650 m.s.n.m. en los sectores más altos.

Fotografía 4.1. Morfología del Área de Estudio.

La morfología de nuestra área de estudio se caracteriza por presentar pendientes casi planas, producto de avalanchas antiguas existentes. Por medio de la fotointerpretación, se pudo determinar que el 36% es cuenca baja, plana y relieves de posicionales, el 32% relieves moderados, y otro 32% son relieves agudos a muy agudos

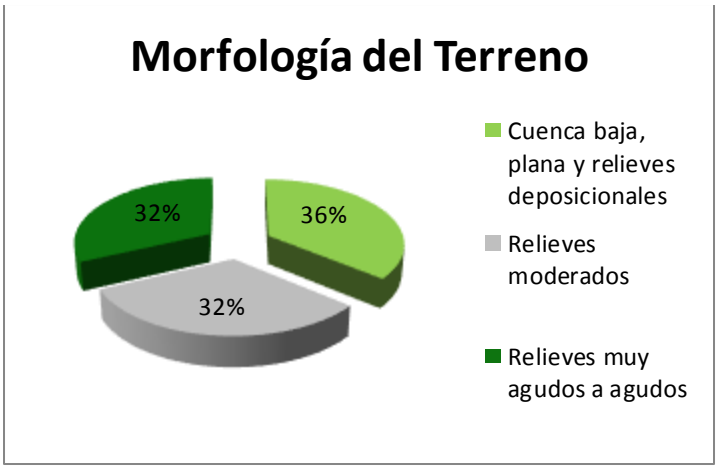


Gráfico 4.3. Porcentaje de la Morfología del Terreno del Área de Estudio.

4.4. Geología Regional.

El área de estudio que corresponde a la zona urbana de la parroquia Celica, en el contexto geológico regional, está localizada dentro de la Cuenca Lancones-Alamor, conocida anteriormente como Lancones–Celica, la misma que está emplazada entre el Terreno Loja-Olmos y el Macizo Amotape-Tahuín. La referida cuenca, constituye una estructura de rumbo NE-SO, cuyas secuencias afloran desde el Perú hasta el sector río Pindo-Zambi en territorio ecuatoriano, donde se acuñan entre las secuencias metamórficas Paleozoicas del Macizo Amotape-Tahuín al NO y las rocas volcánicas Paleocénicas-Eocénicas que sobreyacen al Dominio Loja-Olmos al SE.

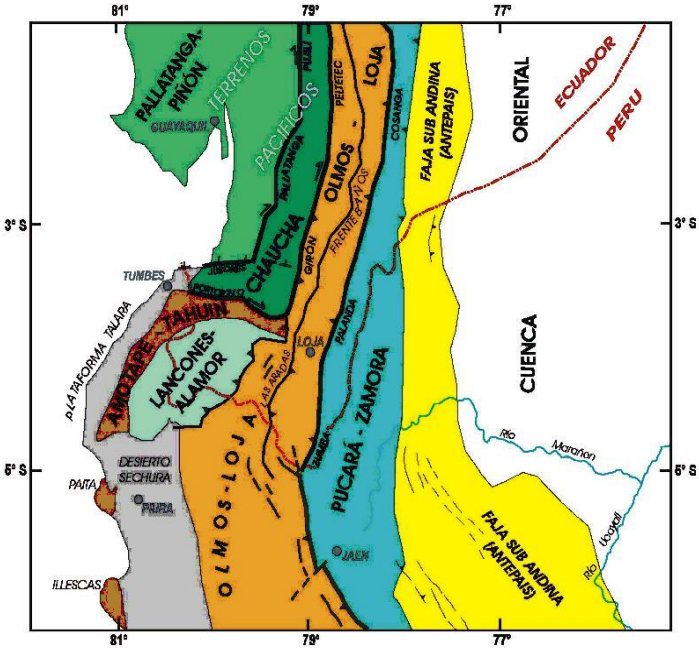


Gráfico 4.4. Esquema Geológico Binacional. Norte del Perú y Sur de Ecuador (Pilatasig y otros 2005).

El contacto de la cuenca Lancones-Alamor con las rocas del Macizo Tahuín es discordante aunque en sectores se ha definido la presencia de fallas locales, en tanto que el contacto con el terreno Loja-Olmos es tectónico.

La naturaleza tanto del basamento como de la cuenca aún no ha sido definida. Aguirre, 1992 (en Pilatasig y otros, 2005) interpreta a estas como parte de una cuenca marginal ensiálica abortada, desarrollada sobre el sustrato siálico del margen occidental de Sudamérica en un régimen extensional, resultado de un fuerte adelgazamiento de la corteza continental. Litherland y otros (1993), interpretan que la cuenca es del tipo pull apart, desarrollada entre las rocas componentes de los Dominios Loja-Olmos (Cinturón Metamórfico de la Cordillera Real) y Amotape-Tahuín (parte sur del Cinturón Metamórfico de El Oro).

Las secuencias litológicas que rellenan la cuenca Lancones-Alamor, se las divide en las Regiones Oriental y Occidental con contacto transicional e interdigitado entre ellas.

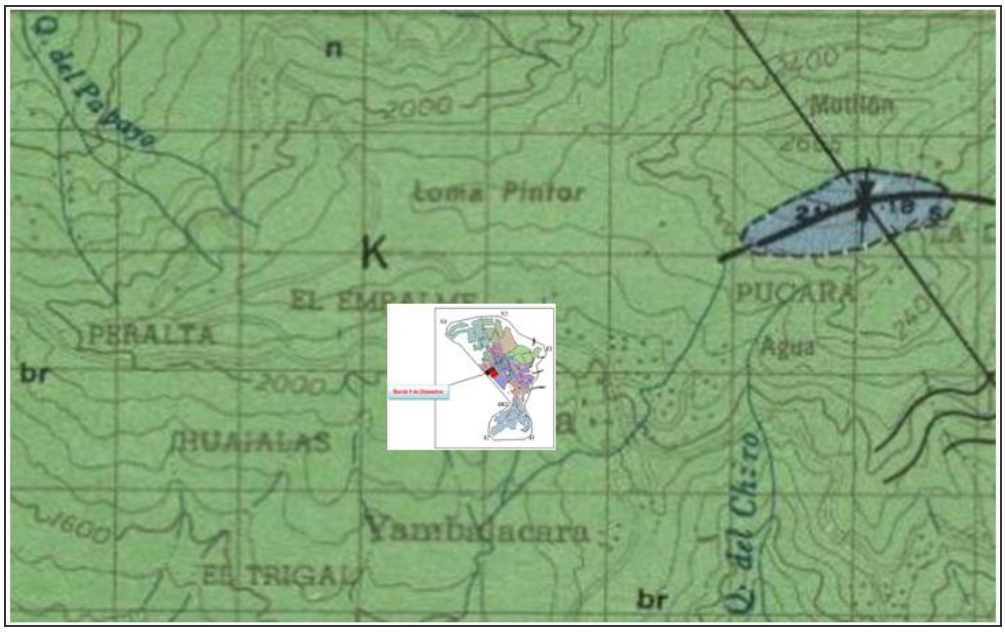


Gráfico 4.5. Imagen del Mapa Geológico de Celica, escala 1:100000, 1968, IGM.

En sectores como Alamor-Celica, Chaguarpamba-Río Pindo, se pasa bruscamente de facies volcano-sedimentarias de ambiente marino a sedimentarias con ambiente continental, posiblemente con contactos tectónicos.

En la Región Oriental, a la cual pertenece la zona de estudio, ocurren las siguientes unidades litológicas: San Pedro, Punta de Piedra, Quillosara, Río Playas, Las Chinchas, Sacapalca y Loma Blanca, instruidas estas en la parte sur por el Batolito de Tangula. De estas unidades la de mayor importancia en el estudio constituye la Unidad Quillosara.

La Región Occidental, consiste de rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino con fuerte aporte de material continental representadas por las unidades Puyango, Zapotillo, Cazaderos y Zambi.[16]

- **UNIDAD QUILLOSARA.-** En la zona de estudio afloran rocas volcanosedimentarias, con intercalaciones de lavas, inicialmente conocidas como Formación Piñón (Hoja Cariamanga, DGGM, 1973), luego incluidas como Formación Celica (Kennerley, 1973 y Egüez & Poma, 2001), Unidad Celica (Pratt et al., 1997), hoy consideradas como pertenecientes a la Unidad Quillosara (Pilatasig y otros, 2005), designación que será considerada en el presente estudio. Esta unidad está caracterizada por tobas intercaladas con lavas de composición andesítica a andesito-basáltica muy duras y compactas, de color verde, con textura afanítica y porfirítica.

  El espesor de la Unidad Quillosara no fue definido, sin embargo en los afloramientos al SE de la ciudad sobrepasan los 30 m, algunos autores estiman en miles de metros. La edad en base a relaciones estratigráficas ha sido considerada como Albiana del Cretácico Inferior.[17]

[16] Pilatasig y otros. 2005
[17] Jaillard et al., 1996

4.5. Geología Local.

La descripción de la geología local, está referida en el presente caso, exclusivamente a la superficie que cubre el área de estudio, esto es el Barrio 9 de diciembre de la zona urbana de la ciudad de Celica, en la cual encontramos las siguientes características geológicas.

4.5.1. Depósitos Superficiales.

La información obtenida por medio de las fichas de campo: 3.1. Formato para Inventario de Movimientos en Masa y 3.2. Levantamiento Geológico, realizadas en el recorrido de nuestra área de estudio nos permitió obtener los siguientes resultados.

Suelos.- Dos tipos de suelos se distinguen claramente en el área de estudio, tanto por su coloración como por su textura y composición, siendo estos residuales y orgánicos.

- **Suelos Residuales.-** Ocurren en toda el área de estudio, sobreyaciendo a las rocas volcánicas de la Unidad Quillosara. Bajo el término de "Suelos Residuales", se considera "un suelo derivado por la meteorización y descomposición de la roca in situ, el cual no ha sido transportado de su localización original".[18]

El afloramiento en el corte de la vía que conecta el barrio con algunos terrenos destinados al cultivo o pastoreo y que se ubica al costado oeste del barrio, la remoción del terreno para el embaulamiento de la quebrada Motilón, las trincheras creadas para el alcantarillado, ratifican la existencia del mismo tipo de material. En este contexto, el suelo o subsuelo sobre el que está construida toda la ciudad, tiene en su composición 90%-98% de arcilla, altamente plástica de color café-amarillento-rojizo con diferentes tonalidades que cambian de acuerdo al grado de humedad, con clastos subredondeados y redondeados de relictos de rocas volcánicas de composición andesito-basálticas, el diámetro de los clastos y bloques varían entre 0.10 m. a más de

[18] Blight, 1997

2 m. los mismos que en su mayoría se encuentran altamente meteorizados y el resto en proceso de meteorización esferoidal (tipo cebolla). Sobre la superficie se encuentran con frecuencia bloques, subredondeados a redondeados de 0,50 m. a 8 m. de diámetro, productos de la meteorización y el desprendimiento de bloques de la roca firme.

Fotografía 4.2. Afloramiento de Suelo Residual Característico del Área de Estudio. Corte de la Vía (UTM 615748; 9546150) Nótese el Suelo Orgánico y el Suelo Residual.

Otra característica de estos suelos es que están cubiertos por pequeños depósitos coluviales, se notan de manera más evidente en la Quebrada El Chiro, debido al desgaste del material residual presente de la zona, los cuales se forman depósitos de productos de escorrentías difusas o movimientos en masa con pequeños desplazamientos.

Este tipo de suelo juega un papel importante como un factor litológico en la inestabilidad de los terrenos del Barrio 9 de diciembre de la Ciudad de Celica.

- **Suelo Orgánico.-** En general, el suelo orgánico constituye la cobertura del suelo residual, el espesor de la capa de suelo es variable y oscila entre 0.3 m. y 1 m. El material es de color café oscuro a gris y en partes negro, cambiando su coloración de acuerdo al grado de humedad, de composición areno limosa, constituyéndose en un material muy poroso de comportamiento plástico en contacto con el agua. (Fotografía 4.2).

- **Depósitos de Relleno**.- Al hablar de depósitos de relleno nos referimos la gran cantidad de desechos de materiales de construcción (escombros, ladrillos, hormigón, asfalto, etc.) existentes en la zona, que han sido arrojados en el sector. En nuestra área de estudio, por la gran cantidad de viviendas existentes es difícil determinar los límites exactos de los depósitos de relleno. Los terrenos baldíos, áreas donde no existen construcciones y referencias de moradores y maestros de albañilería conocedores del sector, nos permitieron hacer una estimación de estos depósitos (Véase Anexos. Mapa 7: Mapa Geológico del Barrio 9 de Diciembre).

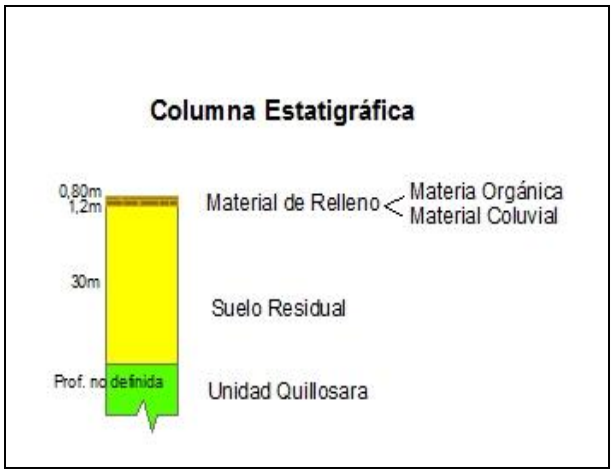


Gráfico 4.6. Columna Estratigráfica del Barrio 9 de diciembre.

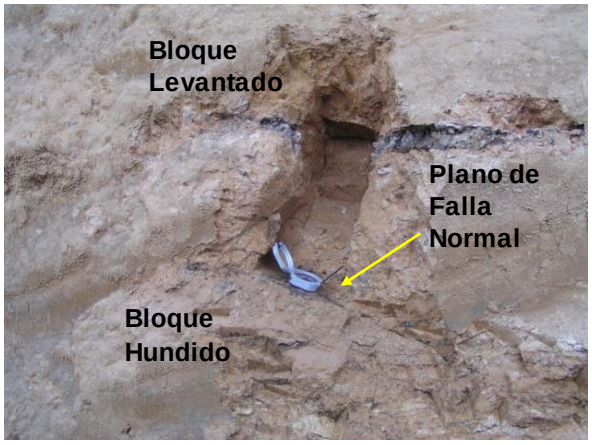
4.6. Geología Estructural.

En el área urbana de Celica, el macizo rocoso y la capa meteorizada se encuentran afectada por estructuras como domos, pliegues anticlinales y sinclinales, y en general deformaciones que se evidencian en la zona. La falla de Sasanamá. En nuestra área de estudio, estas fallas no están presentes, pero se hace necesario mencionarlas, debido a la influencia que tienen las mismas en toda el área urbana.

4.6.1. Fallas.

En el cantón de Celica estructuralmente se encuentra una falla local específicamente en el sector Sasanamá localizada en las coordenadas X=618451, Y=9548762 al NE de la ciudad de Celica más o menos y se

extiende 7 Km. aproximadamente. La estructura consisten en una falla de poca extensión, afectando vetas de cuarzo triturado y meteorizado con espesor de 5 cm. a 10 cm, presentes en suelo residual. Tiene una dirección de N10°E con una inclinación de 13° hacia él SE con un comportamiento normal donde el bloque deslizado se dirige hacia él SE, (Fotografía 4.3.). La falla presenta planos con estriamientos que sugieren que el emplazamiento de las vetas y los movimientos ocurrieron en roca firme posteriormente meteorizada.



Fotografía 4.3. Falla Normal.

4.6.2. Diaclasas.

En algunos cortes de carreteras como se expuso en los suelos residuales, es posible distinguir líneas que corresponden a planos de diaclasamiento como estructuras heredadas de las rocas preexistentes, pero que no se pueden medir sus parámetros geológicos (dirección y buzamiento).

Fotografía 4.4. Rocas Volcánicas Diaclasadas. Pertenecientes a la Unidad Quillosara.

4.7. Uso Actual del Suelo.

En general, el suelo de nuestra área de estudio es aprovechado en forma limitada, en razón de su topografía agreste, la calidad de los terrenos, el poco suelo vegetal, la acción erosiva y el mal manejo de las aguas para regadío, sin embargo, algunos sectores de pendiente baja y alta son aprovechados para actividades ganaderas (Vacuno, ovino y porcino), agricultura utilizada en el maíz, incluyendo caña de azúcar, que están presentes en la parte Sur Occidental del Barrio 9 de Diciembre, concentrándose más en la Quebrada Vieja.

Los estudios sobre el uso del suelo se analizaron y clasificaron observando los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre práctica en una zona determinada (Véase Anexos. Mapa 5: Mapa de Uso Actual del Suelo del Barrio 9 de Diciembre).

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

Código	Paisaje	Definición	Porcentaje
1	Asentamientos Humanos	Viviendas, obras civiles, vías y terrenos baldíos	60%
2	Pastizales y Áreas de Cultivo	Pastizales plantados para Ganadería, pocas áreas destinadas a cultivos de maíz	28%
3	Bosque	Plantaciones de Pino y Eucalipto	12%

Tabla 4.2. Uso Actual del Suelo en el Barrio 9 de diciembre.

Por lo que el 60% del uso de suelo de nuestra área de estudio está destinado a asentamientos humanos, distribuidos en 135 viviendas, vías de acceso de primer orden, obras de infraestructura civil. El 28% está cubierto por pastizales destinados a la ganadería ovina, bovina y porcina, además de áreas de cultivo como maíz. El 12% está representado por plantaciones de pino y eucalipto.

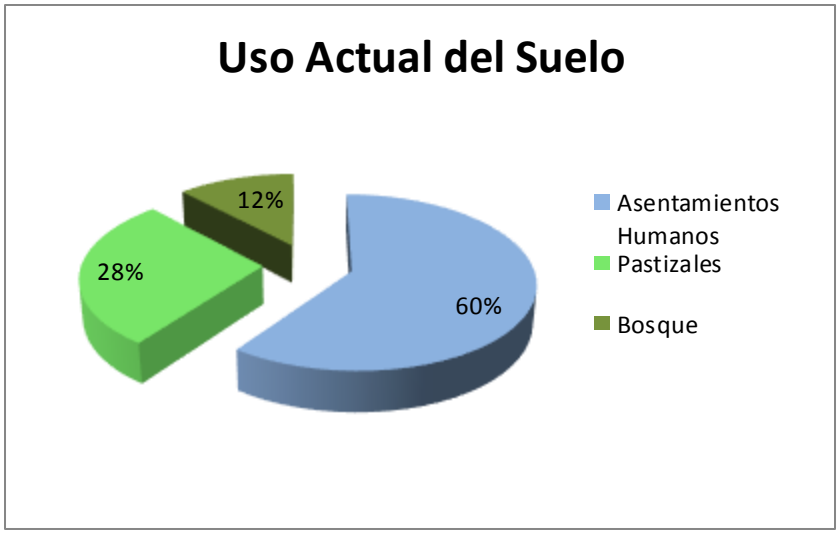


Gráfico 4.7. Porcentaje del Uso Actual del Suelo del Área de Estudio.

4.8. Clima e Hidrología.

4.8.1. Clima.

En el área de estudio se manifiestan diferentes tipos de climas con variaciones de temperaturas y precipitaciones, cuyos datos son registrados en la Estación Meteorológica de Celica, la misma que funciona desde diciembre de 1963.

Temperatura media anual del aire a la sombra	15.4° C
Precipitación media mensual (1963-2005)	98,9 mm
Días con precipitación media anual	142 días
Humedad Relativa (media anual %)	87 %
Velocidad del viento (media anual)	2.98 m/s E

Tabla 4.3. Datos de Estación Meteorológica de Celica (SENAGE).

TIPO DE CLIMA	1.1.1.1.1.1.1.1.1 TEMPERATURA	1.1.1.1.1.1.1.1.2 PLUVIOSIDAD
Templado andino	14° - 18°	1160 mm.
Tropical seco	promedio 20°	1100 – 600 mm
Promedio anual	12°-14°	1200 mm

Tabla 4.4. Características Climáticas, Fuentes: (Cabrera C, y Torres F., 1999), e INAMHI.

En la Ciudad de Celica se producen lluvias fuertes y prolongadas de diciembre hasta abril, acentuándose en los meses de febrero, marzo y abril; el mes más lluvioso es el de marzo, en mayo y noviembre existen precipitaciones bajas y el resto del año permanece seco.[19]

[19] Cabrera C. y Torres F, 1999

Los vientos entre junio y septiembre tienen velocidades de 4.48 m/s. El resto del año velocidades de 2.61 m/s.

4.8.2. Hidrología.

El río Catamayo, se constituye en el principal sistema hidrográfico del cantón Celica. Nace en las estribaciones de la Cordillera Oriental alimentado por las quebradas El Sauce, Trapiche Labrador, del Quiata en el margen derecho aguas abajo dentro del cantón Celica. En su recorrido cambia su nombre original por el de río Chira en el Perú. Existen diversos ramales que atraviesan el cantón, como es el rio Quillusara que se encuentra alimentado por la quebrada Yuripilaca. En su transcurso, el río Quillusara, cambia de nombre a Matalanga y posteriormente a rio Alamor, que sirve de límite con los cantones Puyango, Pindal y Zapotillo desembocando en el rio Catamayo, a su vez el rio Catamayo sirve de límite con los cantones de Sozoranga y Macara.

La hidrografía está caracterizada por la presencia de quebradas que atraviesan la ciudad, la misma que no es bien manejada en el sector urbano y mal aprovechado, en razón de que no se irrigan las zonas aptas para un mejoramiento de la producción agrícola.

4.9. Infraestructuras Lineales.

En cuanto a la infraestructura lineal en nuestra área de estudio se puede distinguir construcciones de orden civil principalmente; como vías, viviendas, alcantarillado, postes de electrificación, entre los principales.

Fotografía 4.5. Calle Asdrúbal Castillo y Av. 12 de diciembre. Barrió 9 de diciembre.

El Barrio 9 de Diciembre tiene una población de 200 habitantes que ocupan un total de 60 viviendas (zona afectada), mientras que la zona de influencia comprende un total de 75 viviendas con una población de 320 habitantes. En nuestra área resalta la existencia de nuevas construcciones que conforman la periferia de la ciudad, distinguiéndose claramente un incremento demográfico rápido en los últimos años. La mayor parte de la población cuenta con los principales servicios básicos y obras de infraestructura como son: vías carrozables arteriales y colectoras, luz eléctrica, agua potable (red pública 48%, pozos 7,3%, río o vertientes 40,6%, carro repartidor 1,1%, otros 2,9%), alcantarillado (red pública 35,6%, pozo ciego 14,6%, pozo séptico 11,8%, otra forma 38%), centro de salud, centros educativos (jardín y escuela), carencia de complejos deportivos, con limitados espacios recreacionales en toda la ciudad.

4.10. Áreas de Extracción Minera.

Dentro del área de estudio no existe la presencia de concesiones mineras, no obstante hay la extracción de arcillas para la elaboración de ladrillos en pequeñas cantidades.

4.11. Bosques Protectores, Áreas de Interés Ambiental y Patrimonio Arqueológico.

Nuestra área de estudio no posee ningún tipo de bosque protegido, el área es poblada, la intervención de la mano del hombre ha modificado notablemente el paisaje. No obstante en la afueras de la ciudad de Celica, existe un bosque protegido y declarado patrimonio natural de Celica, el cual está bajo la protección y cuidado del municipio de la localidad.

La presencia de áreas de interés ambiental es mínima, a pesar de las condiciones morfológicas, litológicas, climatológicas que son aptas para cierta variedad de flora y fauna, en la zona no existen evidencias de organismos ambientales preocupados por la explotación y reanimación ecológica de la zona. Las especies étnicas de flora y fauna son comunes y similares que la del resto del centro de la provincia.

El área de estudio no presenta ningún tipo de patrimonio arqueológico, cuando se creó el barrio, en la construcción de las viviendas nunca se ha evidenciado algún indicio de restos fósiles o cerámicas que representen algún tipo de cultura que haya existido en el sector.

4.12. Evaluación de las Metodologías Utilizadas.

4.12.1. Inventario de Movimientos en Masa.

Para el inventario de movimientos en masa se utilizó la ficha de campo del programa multinacional andino (Véase Anexos. Ficha de campo 3.1) y ficha de campo de descripción de afloramientos (Véase Anexos. Ficha de campo 3.2), obteniendo de esta manera los siguientes resultados:

Deslizamiento Traslacional.

Existe un primer Movimiento en Masa, el cual es un deslizamiento traslacional, se encuentra ubicado en el país de Ecuador, Provincia de Loja, Cantón y Ciudad de Célica, en las siguientes coordenadas x=615736, y=9546261, z=1997 msnm, el cual posee las siguientes características:

La dirección del movimiento es Sur 70^0 Oeste, con un ángulo de inclinación de 20^0 post-falla en la ladera, 15^0 en pre-falla en la ladera, con un azimut de 250^0.

La diferencia de nivel que existe de la corona a la punta es de 20 m, la longitud horizontal de la corona a la punta es de 143 m; posee una masa desplazada con una longitud de 127 m, 87 m. de ancho y un espesor de 4 m; con una superficie de rotura de 5 m. de profundidad, 103 m. de longitud y 95 m. de ancho. Posee un volumen total de 170115,15 m^3, un volumen desplazado de 138382,35 m^3; el área total es de 12231 m^2, afectando un área dentro del Barrio 9 de Diciembre de 31535,59 m^2.

La forma de su ladera es recta y el uso del terreno en el sector es utilizado en viviendas en un 90% y vías principalmente en un 10%. El mecanismo observado en el deslizamiento es un evento múltiple-lento-progresivo, el cual se encuentra en estado activo. El estado, la forma, el área y vegetación del escarpe no son visibles, de igual manera la vegetación en la maza desplazada, ya que en dicho sector se encuentra asentado el Barrio 9 de Diciembre. La forma de la maza desplazada hace referencia a que la longitud de 127 m. sea mayor a su ancho de 87 m, siendo un movimiento canalizado, se caracteriza por la presencia de zonas muy húmedas, con plasticidad media, lo cual hace que el terreno en forma de ondulación sea inestable. La superficie de falla está compuesta por suelo residual y coluvial en su mayor parte. Posee velocidades extremadamente lentas, menores a 16 mm/año, el sistema de clasificación para deslizamientos utilizado es de Varnes 1978.

Los factores condicionantes son: el material plástico débil, material meteorizado, deforestación o ausencia de vegetación, carga en la corona del talud, erosión subterránea, mantenimiento deficiente del sistema de drenajes. Como factores desencadenantes tenemos movimientos tectónicos, sismos, escarpes de agua de tuberías, la presencia de lluvias, el exceso de agua, cargas en construcciones civiles y vibraciones de vehículos.

Los daños presentes son percibidos a simple vista como agrietamientos en paredes de las viviendas que van de 5 mm. a 3 cm, también en veredas y hundimientos en las

vías. El lugar de estudio no posee estabilización alguna. (Véase Anexos. Fotografías 4.7 y 4.8).

Movimiento Lento o Reptación de Suelo.

Existe la presencia de un segundo Movimiento en Masa, el cual se encuentra ubicado en el país de Ecuador, Provincia de Loja, Cantón y Ciudad de Célica, dentro de las siguientes coordenadas x=615622, y=9546206, z=1973 msnm, el cual consta de las siguientes características.

Es un movimiento de reptación cuya dirección del movimiento es Sur 50^0 Oeste, con un ángulo de inclinación de 35^0 post-falla en la ladera, 25^0 en pre-falla en la ladera, con un azimut de 230^0.

La diferencia de nivel que existe de la corona a la punta es de 18 m, la longitud horizontal de la corona a la punta es de 76 m, posee una masa desplazada con una longitud de 62 m, 53 m. de ancho y un espesor de 5 m; con una superficie de rotura de 6 m. de profundidad, 60 m. de longitud y 58 m. de ancho. Posee un volumen total de 69297,53 m^3, volumen desplazado de 49096,8 m^3; el área total es de 4479,06 m^2, afectando la parte inferior del Barrio 9 de diciembre con un área de 10219,42 m^2.

La forma de su ladera es cóncava, la cobertura del suelo corresponde a vegetación herbácea en un 80%, matorrales en un 15% y construcciones en un 5%. El uso del suelo en el sector es utilizado en viviendas en un 10%, en ganadería en 90%. El mecanismo observado en el deslizamiento es un evento múltiple y lento, progresivo, el cual se encuentra en estado activo. El estado, la forma, el área y vegetación del escarpe no son visibles, de igual manera la vegetación en la maza desplazada, ya que en dicho sector se encuentra asentado parte del Barrio 9 de diciembre. La forma de la maza desplazada hace referencia a que la longitud de 60 m. sea mayor a su ancho de 135 m, siendo un movimiento canalizado, se caracteriza por la presencia de zonas muy húmedas, con plasticidad media, lo cual hace que el terreno en forma de

ondulación y escalonamiento sea inestable. La superficie de falla está compuesta por suelo residual y coluvial en su mayor parte.

Esta caracterizado por poseer material como detritos en un 15%, tierra en un 10%, bloques en un 5%, cantos rodados en un 10%, limo en un 15%, arcilla en un 40% y material orgánico en un 5%. Posee velocidades extremadamente lentas, menores a 16 mm/año, el sistema de clasificación para deslizamientos utilizado es de Varnes 1978.

Los factores condicionantes son: pendiente, material plástico débil, material meteorizado, meteorización por expansión y contracción, carga en la corona del talud, erosión subterránea, mantenimiento deficiente del sistema de drenaje. Como factores desencadenantes tenemos: movimiento tectónico, sismos, lluvias, escarpes de aguas de tuberías, excesos de agua, cargas en construcciones civiles y vibraciones de vehículos.

Los daños presentes son percibidos a simple vista, presenta cúmulos tipo almohada, las cercas de madera presentan inclinaciones cuyos ángulos oscilan entre los 26° y 35° En ciertas partes se evidencias pequeños hundimientos y aguas encharcadas. El lugar de estudio no posee estabilización alguna. (Véase Anexos. Fotografías 4.9 y 4.10).

4.12.2. Análisis de las Muestras.

La elaboración de las calicatas de 3 m. x 3 m. (Véase Anexos. Fotografías 3.1 y 3.2) en cada uno de los movimientos en masa, para la obtención de las muestras de roca, los análisis de suelos y la descripción de afloramientos mediante la ficha técnica de caracterización geológica; permitió la descripción de la geología local de nuestra área de estudio.

Considerando que el tipo de suelo que cubre toda la ciudad es el mismo, que corresponde a suelos residuales, se realizaron 2 muestreos para compactación.

GA-308 Deslizamiento Traslacional	
Localización	Barrio 9 de Diciembre
Coordenadas	615999, 9546704
Profundidad	3m
Características Litológicas del Pozo	
0 m - 0,20 m	Suelo Vegetal color negro
0,20 m -1 m	Suelo arcillo-arenoso, plástico de color café amarillento
1 m – 2 m	Suelo arcillo-arenoso, plástico de color café amarillento
2 m – 3 m	Suelo arcillo-arenoso, plástico de color café amarillento de diferentes tonalidades.

Tabla 4.5. Características del Suelo GA-308.

GA-307 Reptación de Suelo	
Localización	Costado Oeste del Barrio 9 de Diciembre
Coordenadas	615857, 9546590
Profundidad	3m
Características Litológicas del Pozo	
0 m – 1 m	Suelo Vegetal color negro
1 m	Presencia de Agua. Suelo Vegetal color negro
1 m – 1,5 m	Continúa suelo vegetal color negro con agua
1,5 m – 2 m	Suelo arcillo-arenoso, plástico de color café amarillento
2 m – 3 m	Suelo arcillo-arenoso, plástico de color café amarillento de diferentes tonalidades.

Tabla 4.6. Características del Suelo GA-307.

Se encontró a 1 m. de profundidad el nivel de agua. Su presencia continúa hasta 1,5 m. El color del suelo cambia de tonalidades por humedad. Hubo precipitación pluvial el momento de la recolección de muestras. El agua se concentra solo en el suelo vegetal.

De los resultados de los análisis de las muestras obtenidas, se obtiene características muy similares tanto por su composición, granulometría, contenido de finos (95% a 100%), gravedad específica (2,66 a 2,73), plasticidad y color, concerniente a la meteorización de rocas volcánicas calificados antes como suelos residuales además de que las muestras tomadas corresponden a arcillas que tienen un límite liquido entre 54% y 72%, en tanto que su límite plástico oscila entre 25% y 40%. Situación que ratifica que los minerales constituyentes de los suelos residuales de Celica, corresponden a arcillas de alta plasticidad y muy alta plasticidad.

Las muestras indican que los suelos residuales de los sectores considerados, son propensos a sufrir asentamientos o hundimientos al ser sometidos a esfuerzos verticales. Los resultados de los ensayos y cálculos de consolidación, indican que el suelo residual en el sector de Celica, está sufriendo un proceso de consolidación, el mismo que está en función del espesor de la capa del suelo vegetal, de sectores de relleno y edificaciones.

El alto grado de plasticidad de las arcillas que constituye el suelo residual, en conjunto con la inclinación de los taludes y la presencia de agua están favoreciendo para la ocurrencia de planos de deslizamiento.

4.12.3. Mapa de Pendientes.

El mapa de pendientes de nuestra área de estudio es una imagen que se obtuvo utilizando la topografía a escala 1:1500 que presenta curvas de nivel cada metro; la cual sirvió para un modelo de elevación digital. Para generar el mapa de pendientes se utilizó la tarea Slope of Elevation del software Arc gis 9.2.

Nuestra área de estudio, presenta pendientes con un rango de 0° a 60° grados, este mapa fue reclasificado de acuerdo a los 5 tipos de pendientes según Varnes (1984-1988) propuesta para este estudio (Tabla 3.4).

Leyenda		
	1 Muy Bajo	**0° - 10°**
	2 Bajo	**11° - 20°**
	3 Medio	**21° - 30°**
	4 Alto	**31° - 45°**
	5 Muy Alto	**45° - 90°**

Tabla 4.7. Porcentaje de Pendientes.

De la fotografía aérea, se clasificó los porcentajes de las pendientes (Véase Anexos. Mapa 2: Mapa de Pendientes del Barrio 9 de Diciembre), de lo cual se concluye que:

- El 25% del área de estudio, poseen pendientes que van de un rango de 0° - 10° considerados de relieves planos.
- El 37%, poseen pendientes que van desde 11° - 20° como relieve inclinado.
- El 27%, poseen pendientes que oscilan entre 21° - 30°, siendo moderadamente escarpados.
- El 7% de nuestra área de estudio tiene pendientes de un rango entre 31° - 45°, considerados como escarpados.
- El 4% de nuestra área de estudio posee pendientes con un rango entre 45° - 90°, considerado como relieve muy escarpado.

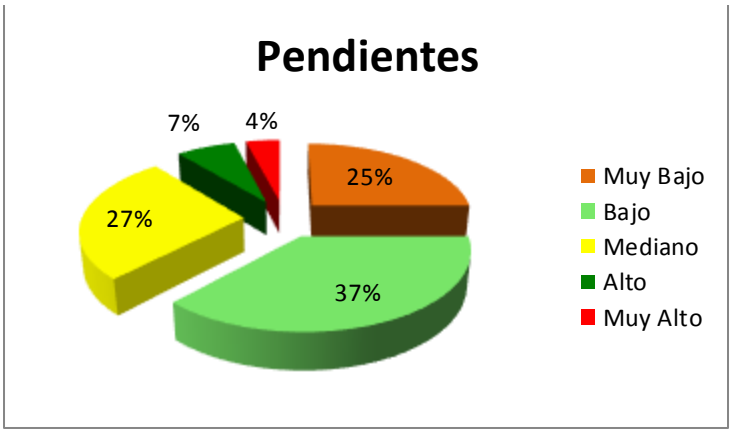


Gráfico 4.8. Porcentaje de Pendientes del Área de Estudio.

A las mismas que se les asignó un peso según la metodología adaptada de G. Guamán, para realizar la superposición de mapas y obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del Barrio 9 de Diciembre.

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

Tabla 4.8. Peso Relativo de Acuerdo a la Pendiente. (Adaptada G. Guamán).

4.12.4. Mapa de Precipitaciones.

El modelo de precipitaciones o modelo de lluvias es un mapa parámetro obtenido de la interpolación de isoyetas anuales (Véase Anexos. Mapa 8: Mapa de Precipitaciones del Barrio 9 de Diciembre), que a su vez se trazaron con base en el promedio de precipitación anual de 3 estaciones pluviométricas. Con valores desde el año 1969

hasta el 1998, debido a la falta de información actualizada. El valor promedio anual se tomó para ser ingresado en la base de datos de la precipitación.

Nombre de la Estación	Código	Año	Precipitación Anual (mm)	Elevación (m.s.n.m)
Alamor	M-435	1969-1998	1388	1300
Celica	M-148	1969-1998	1182	2700
Sozoranga	M-434	1969-1998	932	1480

Tabla 4.9. Estaciones Meteorológicas.

Los valores de precipitación que se crearon a partir de la interpolación por medio de IDW en el software Arc gis 9.2 permitieron conocer que en nuestra área de estudio la precipitación anual es de 1380 mm.

La precipitación está considerada como un factor desencadenante a los movimientos en masa que suscitan en nuestra área de estudio, produciéndose con mayor frecuencia en los meses de febrero, marzo y abril, en la temporada invernal.

4.12.5. Mapa de Susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa (Véase Anexos. Mapa 10: Mapa de Susceptibilidad a Movimientos en Masa en el Barrio 9 de Diciembre) se determinó, convirtiendo los archivos tipo shp (Pendientes, geología, precipitaciones) a grid para el análisis respectivo, a través del módulo spatial análisis (Arcgis 9.2.) con la escala de valores tipo Lickert (valores 1,2,3,4,5) siendo el valor 1 muy bajo riesgo, el valor 2 bajo riesgo, el valor 3 riesgo medio o moderado, el valor 4 alto riesgo y el valor 5 muy alto riesgo.

Se clasifica el sector de estudio según su potencial latente de inestabilidad, el cual categorizada de acuerdo a la ocurrencia de los movimientos en masa al cumplirse dos

condiciones: la existencia de una susceptibilidad (factor pasivo), frente a un agente detonante (factor activo), como en este caso son consideradas las precipitaciones intensas.

Por esta razón el mapa de susceptibilidad es incrementado o disminuido de acuerdo a la magnitud de las lluvias.

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

Tabla 4.10. Tabla de Susceptibilidad.

Nuestra área de estudio presenta los siguientes porcentajes de susceptibilidad:

- **Áreas de Muy Baja Susceptibilidad:** Corresponde al 6%, que representa 0,165 Ha de nuestra área de estudio divida en 2 zonas: En la primera zona, en las coordenadas x=615772; y=9546210, no se encuentran viviendas, sólo existen zonas de cultivo y corrales. La vegetación existente en esta zona, están representados en un 80% por sembríos de maíz, 10% por vegetación arbórea-arbustiva y un 10% por maleza. Los corrales son para la cría de cerdos. La segunda zona se ubica en las coordenadas x=615819; y= 9546179, la misma que se constituye en un terreno de pastizales.
- **Áreas de Baja Susceptibilidad:** Corresponde al 7%, que representa 0,192 Ha de nuestra área de estudio, relacionando en su totalidad a las partes periféricas del Barrio 9 de Diciembre. En esta zona no existe ningún tipo de vivienda, el espacio físico pertenece a pastizales para ganado ovino y vacuno.

- **Áreas de Media Susceptibilidad:** Corresponde al 32%, que representa 0,878 Ha de nuestra área de estudio, se distribuye en la parte nororiental y al oeste del Barrio 9 de diciembre. El 60% de esta zona está poblada, además en la zona existe un centro educativo de nivel primario. Existen también áreas de cultivo y pastizales.
- **Áreas de Alta Susceptibilidad:** Corresponde al 1%, que representa 0,0275 Ha de nuestra área de estudio, esta zona comprende las instalaciones del Sindicato de Choferes de Celica, construidas de hormigón y ladrillo.
- **Áreas de Muy Alta Susceptibilidad:** Corresponde al 54%, que representa 1,48 Ha de nuestra área de estudio, esta zona abarca la mayor parte del Barrio 9 de diciembre, el mismo que está comprendido por viviendas, obras de infraestructura civil, zonas de cultivo y pastizales.

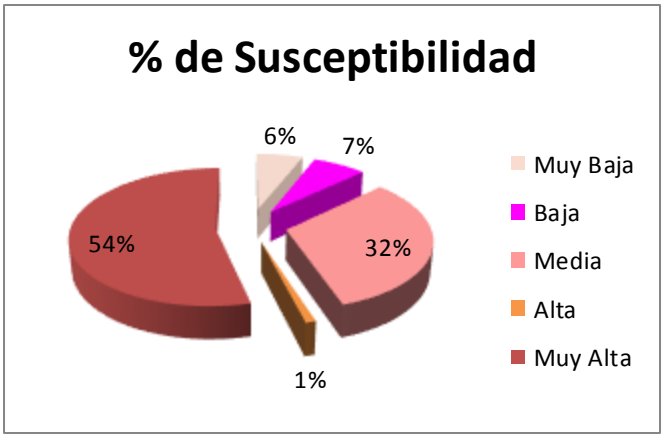


Gráfico 4.9. Porcentaje de Susceptibilidad del Área de Estudio.

En el cual se determina que la susceptibilidad a movimientos en masa del sector se presenta por sus condiciones geológicas, climáticas y el ángulo de sus pendientes. Los resultados obtenidos se clasificaron dependiendo de la categoría en la sumatoria de pesos relativos en superposición de mapas.

4.12.6. Mapa de Vulnerabilidad Física.

Se realizó el análisis de vulnerabilidad física utilizando el modelo cualitativo para la determinación de los factores físicos, que fueron identificados y calificados por medio

de las encuestas realizadas en la visita de campo (Véase Anexos. Ficha de Campo 3.4), posteriormente se realizó la interrelación de los mismos, con las respectivas calificaciones que van de uno a cinco dependiendo del nivel de vulnerabilidad de cada factor.

Ingresados los valores de los factores, se produjo la base de datos espacial y una tabla que contiene los valores por niveles que fueron convertidos a grid, para su superposición de mapas generando una cartografía numérica con base a calificaciones que fue analizada a través de pixeles.

Factores de Vulnerabilidad Física	
Descripción	**Rango**
Diseño y Construcción	1 - 2
Sistemas estructurales	1 - 5
Fundaciones	1 - 3
Alcantarillado	1 - 6
Energía Eléctrica	1 - 2
Infraestructura Vial	1 - 2
Tipo de Construcción	1 - 2
Pendientes	Véase Tabla 3.4
Formaciones Geológicas Superficiales	1 - 2

Tabla 4.11. Tabla de Pesos de Vulnerabilidad Física.

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

Para el factor tipología y categoría de edificaciones, se utilizó los siguientes parámetros como son: Diseño y construcción; Sistemas estructurales y Fundaciones, los mismos que se les designo en la base de datos un peso relativo.

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

Esto se realizó mediante la conversión de formato shp a a grid, lo que generaron como resultado un mapa de vulnerabilidad Física (Véase Anexos. Mapa 12: Mapa de Vulnerabilidad Física).

Nivel	Vulnerabilidad	Rango
1	Muy Baja	0-10
2	Baja	10-24
3	Media	24-34
4	Alta	34-60
5	Muy Alta	60-90

Tabla 4.12. Tabla de Vulnerabilidad Física.

Los resultados del mapa obtenido fueron los siguientes:

- ***Zona de Vulnerabilidad Muy Baja.-*** Corresponde al 3%, que representa 0,0825 Ha de nuestra área de estudio, la misma que comprende una bodega, cuya estructura es de hormigón armado y estructuras de acero. Sistema vial no normalizado.

- ***Zona de Vulnerabilidad Baja.***- Corresponde al 1% que representa el 0,0275 Ha de nuestra área de estudio, la cual está comprendida por viviendas construidas de adobe y bareque, ubicadas en pendientes muy bajas. Además de contar con todos los servicios básicos (Agua, alcantarillado, calles asfaltadas)
- ***Zona de Vulnerabilidad Moderada.***- Corresponde al 6% que representa 0,165 Ha de nuestra área de estudio, la misma que está comprendida por viviendas construidas de hormigón y vivienda, en donde la pendiente es baja. El sistema vial es no normalizado.
- ***Zona de Vulnerabilidad Alta.***- Corresponde el 20%, que representa 0,55 Ha de nuestra área de estudio, esta zona está comprendida por viviendas de tipo A, B y C; las cuales se encuentran en zonas de media a alta pendientes. Se encuentran ubicadas en zonas de impacto, debido al deslizamiento traslacional que existe en la zona.
- ***Zona de Vulnerabilidad Muy Alta.***- Corresponde el 70%, que representa 1,923 Ha de nuestra área de estudio, esta zona comprende viviendas de tipo A, B y C; y se ubica en pendientes de media a alta. Además las viviendas se encuentran asentadas sobre un deslizamiento de tipo traslacional.

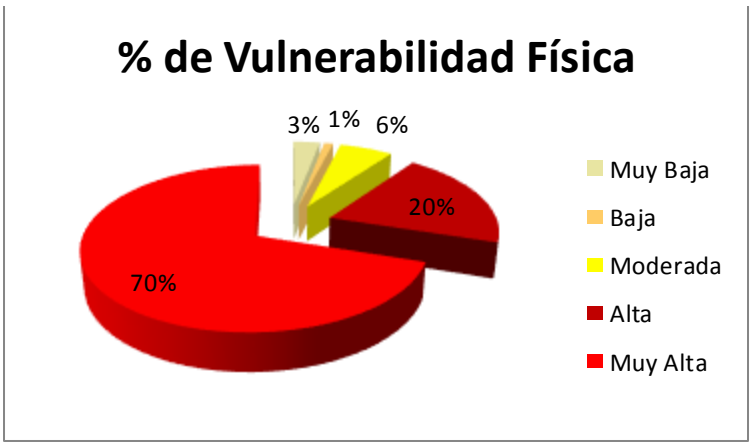


Gráfico 4.10. Porcentaje de Vulnerabilidad Física del Área de Estudio.

4.12.7. Mapa de Vulnerabilidad Socio – Económica.

El mapa de vulnerabilidad socio-económica, fue relacionado con el deslizamiento de tipo traslacional que se suscita en nuestra área de estudio, determinando los factores socio-económicos, puesto que la incidencia del movimiento afecta las viviendas del sector.

Para lo cual se realizó el análisis que permitirá la delimitación de los factores socio-económicas, cuyos factores fueron valorados y registrados en una base de datos, para luego relacionarlos.

Factores de Vulnerabilidad Socio-Económica	
Descripción	**Rango**
Nivel socio-económico	1 - 4
Número de hogares por vivienda	1 - 3
Número de personas por vivienda	1 - 3
Programa de prevención por desastres	1 - 3

Tabla 4.13. Tabla de Pesos de Vulnerabilidad Socio-Económica.

La ficha describe y valora datos tales como: Nivel Socio-económico, densidad poblacional, organización de la comunidad.

Estos tres factores son relacionados para la obtención del mapa de vulnerabilidad socio-económica de nuestra área de estudio, bajo los siguientes rangos:

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

Tabla 4.14. Tabla de Vulnerabilidad Socio-Económica.

Elaborado este mapa, (Véase Anexos. Mapa 14: Mapa de Vulnerabilidad Socio-Económica del Barrio 9 de Diciembre), evidenciándose los siguientes resultados:

- ***Zona de Muy Baja Vulnerabilidad.-*** Corresponde al 1%, que representa 0,0275 Ha de nuestra área de estudio, esta zona comprende de viviendas de tipo C, las personas que la habitan son de clase media-alta y existen menos de 5 personas por vivienda.
- ***Zona de Baja Vulnerabilidad.***- Corresponde al 7%, que representa 0,22 Ha de nuestra área de estudio, corresponde a viviendas de tipo B, C. las personas que habitan estos tipos de vivienda son de clase media, por lo general dentro de cada vivienda existe un solo hogar conformado por 5 o menos personas.
- ***Zona de Moderada Vulnerabilidad.***- Corresponde al 10%, que representa 0,302 Ha de nuestra área de estudio, esta zona consta de viviendas de tipo A, B, C. Predominando las viviendas de tipo B, las personas son de clase media-baja. El 40% de esta zona posee de uno a dos hogares por vivienda, por lo que cada vivienda está conformada de 6 a 10 habitantes.
- ***Zona de Alta Vulnerabilidad.***- Corresponde al 23%, que representa 0.412 Ha de nuestra área de estudio, en esta zona existen viviendas de tipo A, B; cuyos habitantes son de clase media-baja. El 60% de esta zona posee por lo general 2 hogares por vivienda, cada hogar está conformado por un grupo de 3 a 5 personas. En algunos casos existen hasta 3 hogares.
- ***Zona de Alta Vulnerabilidad.***- Corresponde al 59%, que representa 1,787 Ha de nuestra área de estudio, esta zona se caracteriza por viviendas de tipo A, B, C. Del cual un 70% son viviendas de tipo B cuyos habitantes son de clase media, 20% de tipo A cuyos habitantes son de clase baja-muy baja y 10% de tipo C, cuyos habitantes son de clase media-alta. En algunas viviendas de tipo A y B, existen más de 2 hogares por vivienda, cada hogar está conformado por un grupo de 6 o más personas.

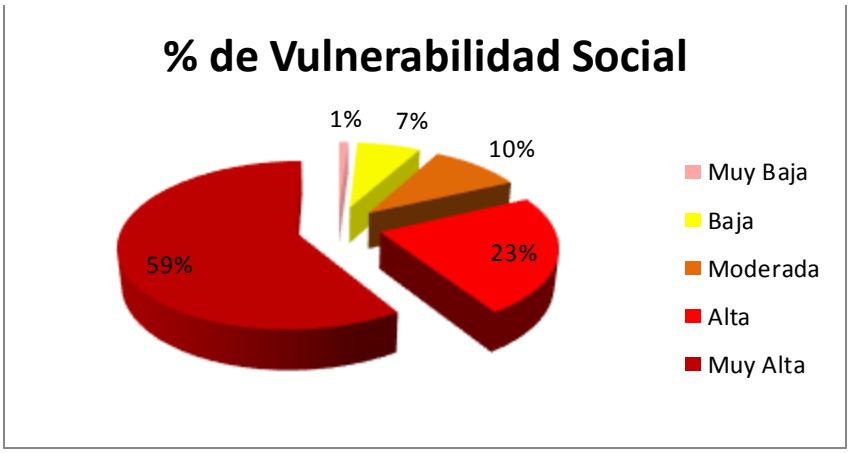


Gráfico 4.11. Porcentaje de Vulnerabilidad Social del Área de Estudio.

4.12.8. Mapa de Amenazas.

El mapa se obtuvo por medio de la asignación de pesos (Tabla 3.14: Pesos de los factores en la Evaluación de Amenazas a Deslizamientos (Ambalagan 1992), utilizada para la valoración de amenazas del deslizamiento que existe en nuestra área de estudio. Los valores fueron asignados conforme las características del sector.

Estos valores se registraron en la base de datos y transformados a formato ***raster,*** para la elaboración del mapa de amenazas (Véase Anexos. Mapa 11: Mapa de Amenazas del Barrio 9 de diciembre).

La sumatoria o amenaza total en nuestra área de estudio, se describe en la siguiente tabla:

SUMATORIA O AMENAZA TOTAL		
Amenaza total	**Descripción**	**Suma de los pesos**
I	Amenaza muy baja	3
II	Amenaza baja	4.5
III	Amenaza moderada	5.2
IV	Amenaza alta	6.6
V	Amenaza muy alta	7.5

Tabla 4.15. Tabla de Amenazas.

Por lo que se obtuvieron las siguientes zonas:

- ***Zona de Amenaza Muy Baja.-*** Corresponde al 23%, que representa 0,632 Ha de nuestra área de estudio, el tipo de litología es arcillosa, el ángulo de la pendiente es de 30º, la potencia de la capa de suelo varía entre 30cm y 60cm, el uso del suelo esta está confinado a las viviendas, ya sean estas de tipo A, B y C. El suelo presenta características de humedad.
- ***Zona de Amenaza Baja.***- Corresponde al 46%, que representa 1,265 Ha de nuestra área de estudio, el tipo es de suelo es arcilloso, el ángulo de pendiente es de 35º, la potencia de la capa de suelo varía entre 50cm y 70cm, el 70% del uso de suelo de esta zona está comprendido por viviendas de tipo A, B y C; y el 30% está representado por áreas de cultivo de maíz. El suelo presenta características húmedas.
- ***Zona de Amenaza Moderada.***- Corresponde al 9%, que representa 0,247 Ha de nuestra área de estudio, el tipo de suelo es tipo arcillo-arenoso, el ángulo de pendiente es de 38º, la potencia de la capa de suelo varía entre 70cm y 80cm, el uso de suelo está confinado a pastizales. Este tipo de suelo presenta características húmedas a muy húmedas.
- ***Zona de Amenaza Alta.***- Corresponde al 16%, que representa 0,44 Ha de nuestra área de estudio, el tipo de suelo es arcillo-arenoso, el ángulo de pendiente es de 40º, la potencia de la capa de suelo varía entre 80cm y 90cm, el uso de suelo está dado por viviendas de tipo A, B y C. El suelo presenta características muy húmedas.
- ***Zona de Amenaza Muy Alta.-*** Corresponde al 6%, que representa 0,165 Ha de nuestra área de estudio, el tipo de suelo es arcillo-arenoso, el ángulo de la pendiente es mayor a 45º, la potencia de la capa de suelo es mayor a 1m. El 50% de uso de suelo de esta zona está comprendida por viviendas de tipo A, B y C; mientras que el otro 50% corresponde a áreas de cultivo y pastizales. El suelo presenta características pantanosas.

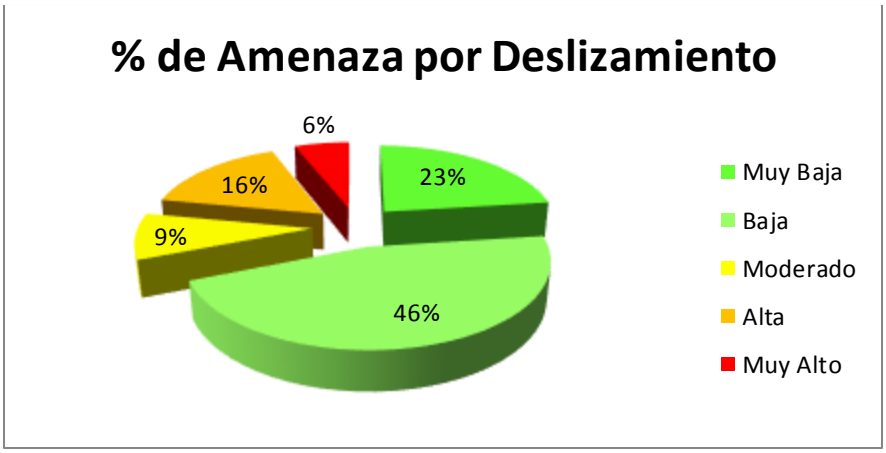


Gráfico 4.12. Porcentaje de Amenaza del Área de Estudio.

4.13. Medidas de Prevención.

El área de estudio se encuentra en la provincia de Loja, en el Barrio 9 de Diciembre de la parroquia urbana Celica, del cantón Celica.

El trabajo de campo en el área de estudio nos permitió verificar la existencia de dos movimientos en masa, en la cual se identificó un movimiento en masa de tipo traslacional y un movimiento lento o reptación de suelo.

Identificadas las características generales y específicas de cada movimiento en masa presente en la zona, se procedió a la elaboración de las diferentes medidas de previsión, que se adoptó para el desarrollo de la presente investigación, las cuales mencionamos:

1. Medidas de Previsión de Ingeniería Civil.
2. Planes de Información, difusión y capacitación.
3. Plan de Gestión de Riesgos.
4. Aplicación de Tecnologías de Monitoreo.
5. Plan de Ordenamiento Territorial.

- **Medidas de Previsión de Ingeniería Civil.**

El desarrollo de los fenómenos de remoción en masa que se suscitan en el Barrio 9 de Diciembre, se debe principalmente al tipo de suelo y las fuertes precipitaciones que se dan en la zona. Partiendo de este principio se emplearon las siguientes medidas correctivas para cada uno de los dos movimientos que se presentan en nuestra área de estudio.

Medidas de Previsión para el Movimiento Traslacional

Para este tipo de movimiento se tomó las siguientes medidas:

- Drenajes Subterráneos (Pantallas Drenantes).
- Muro Rígido de Hormigón Armado

Drenajes Subterráneos (Pantallas Drenantes)

Este tipo de correcciones, son las más económicas en relación con otras medidas de previsión de drenajes subterráneos. Además de ser más rápidos y seguros, no requiere de una gran justificación económica. Además es el más adecuado ya que la mayor parte de nuestra área de estudio presenta viviendas.

Especificaciones Técnicas

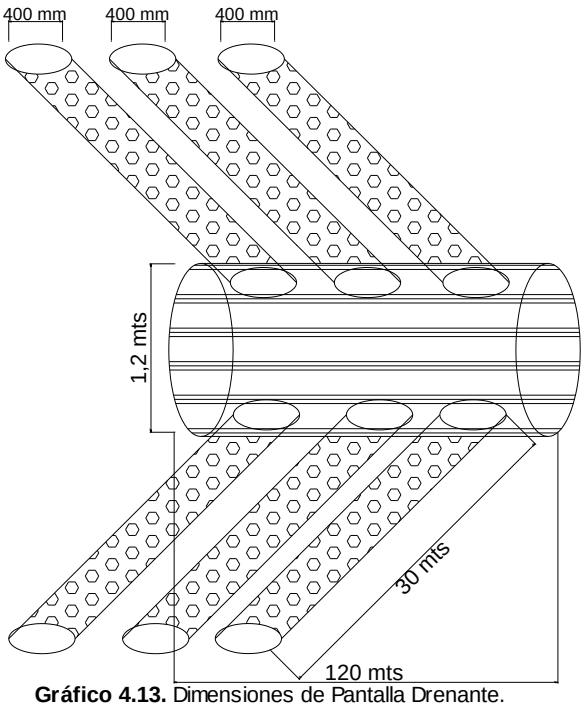


Gráfico 4.13. Dimensiones de Pantalla Drenante.

El área donde se desarrolla el deslizamiento traslacional, contará con una pantalla drenante. La cual se construirá a un costado de la tubería de alcantarillado. La misma que se conformará de un tubo de NOVALOC de la casa plastigama, cada tubo tiene una longitud de 6 m. por 1,2 m. de diámetro interno. A la tubería principal, se le incrustará 6 tubos de 30 m, cuya disposición será de 3 tubos al costado derecho y 3 tubos al costado izquierdo. La tubería que será incrustada es de material NOVAFORT de la casa Plastigama, cada tubo mide 6 m. de largo por 400 mm. De diámetro. Estos tubos laterales serán los encargados de drenar el agua y conducirla hacia el tubo principal o colector. A estos tubos se les realizará entre 20 y 25 orificios, los mismos que se realizarán perforando la tubería con un taladro y a partir del orificio seguimos con un serrucho para hacer todo el hueco. Estos huecos tendrán un diámetro entre 10 mm. Y 15 mm. Para unir estos tubos se utilizan selladores y aditivos. El tubo principal o colector se conectará posteriormente con la red local de alcantarillado, con el fin de evacuar las aguas drenadas.

Ubicación

Gráfico 4.14. Ubicación de **la** Pantalla Drenante.

La ubicación técnica y específica de las pantallas drenantes, para una correcta evacuación de las aguas subterráneas, ha sido propuesta de la siguiente manera:

- ***Pantalla Drenante (PD).-*** Su disposición se llevará a cabo en la calle Aurelio Gonzales, donde se ubicará el tubo principal o colector hasta la intersección de la Av. 12 de Diciembre al Este; y al Oeste hasta la calle los Cedros.

Los tubos laterales encargados de drenar y conducir el agua hacia el tubo principal o colector serán dispuestos de la siguiente manera:

- ***TD1.-*** Se colocará en la Av. 12 de Diciembre, desde la calle Elías Arciniegas hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.
- ***TD2.-*** Se colocará en la Av. 12 de Diciembre, desde la calle Asdrúbal Castillo, hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.
- ***TD3.-*** Se colocará en la calle Tcrn. René Apolo, desde la calle Elías Arciniegas, hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.
- ***TD4.-*** Se colocará en la calle Tcrn. René Apolo, desde la calle Asdrúbal Castillo, hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.
- ***TD5.***- Se colocará en la calle los Cedros, desde la calle Elías Arciniegas, hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.
- ***TD6.***- Se colocará en la calle los Cedros, desde la calle Asdrúbal Castillo, hacia el tubo colector ubicado en la calle Aurelio Gonzales.

Cronograma de Actividades y Presupuestos Referenciales

- ***Cronograma de Actividades.-*** El tiempo de la obra se la estima y especifica en la siguiente tabla:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PANTALLA DRENANTE

Obras a Realizar	1° Mes																				2° Mes																			
	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
1. Apertura de canal principal																																								
2. Apertura de canales laterales																																								
3. Compactación de canales: Principal y laterales																																								
4. Impermeabilización del piso de los canales por medio de geomembrana																																								
5. Colocación de la tubería principal																																								
6. Colocación de la tubería lateral																																								
7. Conexión de la tubería lateral con la tubería principal																																								
8. Colocación de grava, para recubrir la tubería lateral y principal																																								
9. Recubrimiento total del canal, utilizando el material removido																																								
10. Limpieza y remoción de escombros																																								
11. Recubrimiento del canal, utilizando una capa de cemento																																								

Nota.- El tiempo de la obra está estimado para 35 días hábiles.

Tabla 4.16. Cronograma de Actividades de la Pantalla Drenante.

- ***Presupuestos Referenciales.-*** Los precios se obtuvieron en el mes de Julio del 2009 y se especifica en la siguiente tabla:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	**NÚMERO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRE UNIT**	**PRE TOT**
Herramienta menor (5 % M. O.)	0	0	0	0	0,231
Excavadora	1	m3	1140	0,8	912
Volquete	1	m3	180	1,6	288
Estación Topográfica	1	Ha	2	80	160
SUBTOTAL A					1360
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	**CANTIDAD**	**JORNAL/HR**	**COST HOR**	**PRE DIA**	**PREC TOT**
Peón. Cat. I	10	1,42	14,2	114	3990
Albañil	1	1,42	1,42	11	385
Plomero	2	1,42	2,84	22,72	795,2
Maestro de obra	0,25	1,42	0,355	2,84	99,4
Operador de Excavadora	1	2,05	2,05	16,40	164
Operador de Volquete	1	2,38	2,38	19,04	190,4
Topógrafo	1	1,78	1,78	14,24	28,48
SUBTOTAL B					5653
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PREC TOT**
Acondicionador de superficie Novafort		UNIDAD	1	44,33	44,33
Adhesivo 1 para tubería Novafort		UNIDAD	6	20,93	125,58
Silla TEE 400mm x 160mm		UNIDAD	6	36,52	219,12
Tubo Novaloc 1245mm x 6m S2*		UNIDAD	20	900	18000
Tubo Novafort Serie 6 400mm x 6m		UNIDAD	30	212,49	6374,7
Unión 1 Novafort de 400mm		UNIDAD	24	39,43	946,32

SUBTOTAL C				25710
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**TARIFA**	**COSTO**
SUBTOTAL D				0
	TOTAL COSTO DIRECTO X = (A+B+C+D)			32723
	TOTAL+ (imprevistos)			33000

Tabla 4.17. Análisis de Precios Referenciales de la Pantalla Drenante.

Muro Rígido de Hormigón Armado

Este tipo de construcción se utiliza debido a la diferencia de nivel que existe en el pie del deslizamiento traslacional, con el propósito de resistir el empuje del suelo residual existente en la zona. Tienen como objetivo resistir o contener las fuerzas ejercidas por la masa de material deslizante y dirigir esas fuerzas hacia las bases del muro. Además permitirán el drenaje tanto superficial como subterráneo.

Especificaciones Técnicas

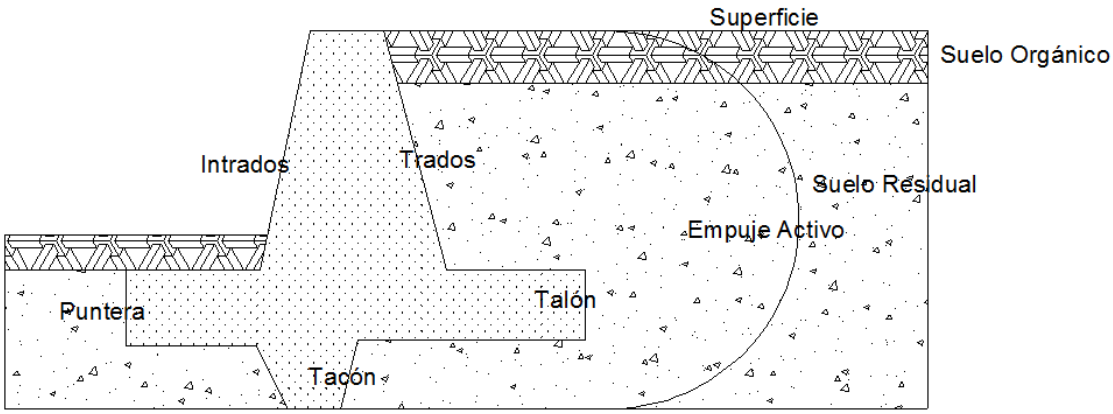


Gráfico 4.15. Muro Rígido de Hormigón Armado.

Nuestra área de estudio presenta depósitos de material residual, coluvial y suelos orgánicos, por lo que la zona es bastante permeable, lo cual produce que el agua pueda infiltrarse con gran facilidad. Desestabilizando de esta manera el terreno donde se ubica el Barrio 9 de Diciembre. Por lo que debido a las cargas activas existentes en nuestra área de estudio y la irregularidad del terreno se utilizara un muro con las siguientes especificaciones:

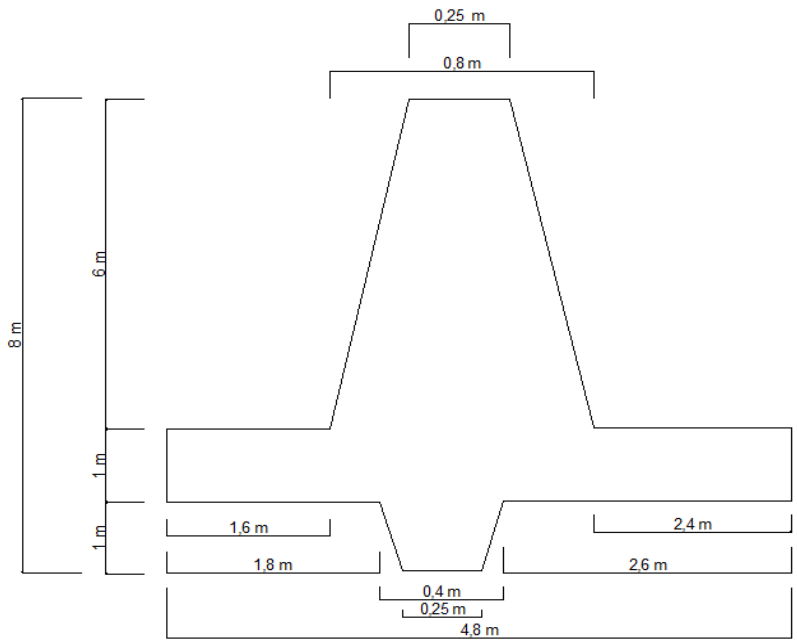


Gráfico 4.16. Dimensiones de Muro Rígido de Hormigón Armado Vista de Perfil.

La cimentación se debe encontrar por debajo de la superficie de rotura de la masa inestable para así garantizar su estabilidad. El tipo de estructura a utilizar es un muro de concreto armado que ofrece gran resistencia contra las deformaciones, se construyen cuando existe gran diferencia de pendiente, además se necesita de una muy buena fundición.

La longitud del muro esta dado en función de la amplitud del Barrio 9 de Diciembre, el cual permitirá contener las fuerzas de empuje que desestabilizan el terreno donde se ubica el asentamiento urbano, para lo cual se especifica la longitud de la siguiente forma:

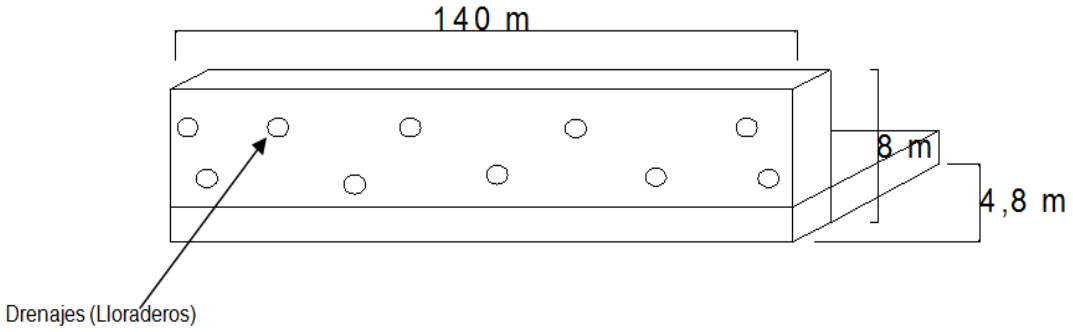


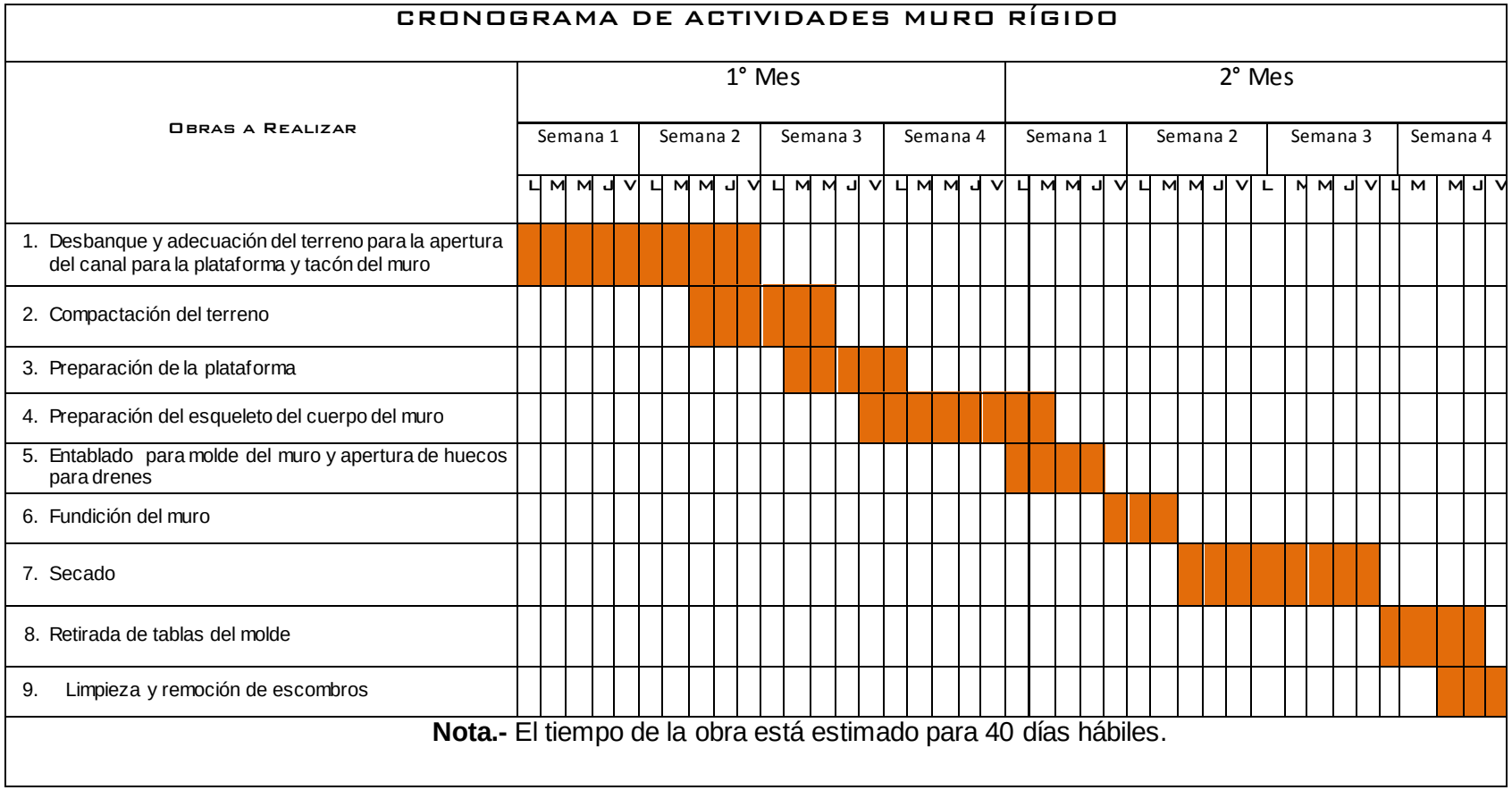
Gráfico 4.17. Dimensiones de Muro Rígido de Hormigón Armado Vista Frontal.

Los materiales utilizados para la elaboración del muro son: Grava 40%, Arena 30%, Cemento 20%, Acero 4% y Agua 6 %

Ubicación

Gráfico 4.18. Ubicación del Muro Rígido.

La ubicación técnica y específica del muro rígido de hormigón armado, para el correcto control y estabilización de las fuerza de empuje, se deberá realizar al pie del deslizamiento traslacional, ubicándose detrás de las viviendas que se encuentran al costado izquierdo de la calle Los Cedros.



Cronograma de Actividades y Presupuestos Referenciales

Tabla 4.18. Cronograma de Actividades del Muro Rígido.

- ***Presupuestos Referenciales.-*** Los precios se obtuvieron en el mes de Julio del 2009 y se especifica en la siguiente tabla:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	**NÚMERO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRE UNIT**	**PRE TOT**
Herramienta menor (5 % M. O.)	0	0	0	0	0,231
Excavadora	1	m3	5684	0,8	4547.2
Pala mecánica	1	m3	5684	1,6	9094,4
Volquete	1	m3	5684	1,6	9094,4
Estación Topográfica	1	Ha	2	80	160
Concretera	2	h	24	3,8	182,4
SUBTOTAL A					23078
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	**CANTIDAD**	**JORNAL/HR**	**COST HOR**	**PRE DIA**	**PREC TOT**
Topógrafo	1	1,78	1,78	14,24	28,48
Peón. Cat. I	12	1,42	17,04	136.32	5452,8
Albañil	3	1,42	4,26	34,08	1363,2
Plomero	2	1,42	2,84	22,72	908.8
Maestro de obra	0,25	1,42	0,355	2,84	113,6
Operador de excavadora	1	2,05	2,05	16,4	164
Operador de Volquete	1	2,38	2,38	19,04	190,4
SUBTOTAL B					8221
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PREC TOT**

Tubo PVC Drenaje NovaFort 110mm	M	1520	2,8	4256
Grava	m3	192,76	12	2313,12
Arena Gruesa	m3	145.32	12	1743,84
Cemento	Kg	33880	0,15	5082
Agua	m3	29,06	0,2	5,81
Acero	Kg	21520	1,6	34432
SUBTOTAL C				47833
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**TARIFA**	**COSTO**
SUBTOTAL D				0
	TOTAL COSTO DIRECTO X = (A+B+C+D)			79133
	TOTAL + (imprevistos)			80000

Tabla 4.19. Análisis de Precios Referenciales del Muro Rígido.

Medidas de Previsión para el Movimiento Lento de Reptación.

Para este tipo de movimiento se tomó la siguiente medida:

- Biosiembra (Árboles de Cera).

  Nombre común: Árbol de la cera

  Descripción: Arbolito de 5-6 m de altura. Haz de color verde brillante y envés gris o azulado. Pecíolo cortó pero patente. Flores pequeñas, amarillentas, unisexuales. Fruto en drupa de color amarillo marrón.

  Cultivo y usos: De la superficie del fruto se obtiene una cera aplicable a barnices y pulimentos.

  - Alfalfa.

  La alfalfa pertenece a la familia de las leguminosas, cuyo nombre científico es Medicago sativa. Se trata de una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

  Raíz. La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.

  Tallos. Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, por tanto es una planta muy adecuada para la estabilización de taludes.

  Hojas. Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas. Los márgenes son lisos y con los bordes superiores ligeramente dentados.

  Flores. La flor característica es de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas.

  Fruto. Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm. de longitud.

Especificaciones Técnicas

Para llevar a cabo este tipo de medida se consideró previamente el nivel de humedad, clima, litología, pendientes.

Las plantaciones ocuparán toda el área del movimiento de reptación, que es de 10219,42 m^2. Dentro de esta área se determinará una zona de 60 m. x 20 m. Con el fin de ubicar las plantas en un sistema de mallado que tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

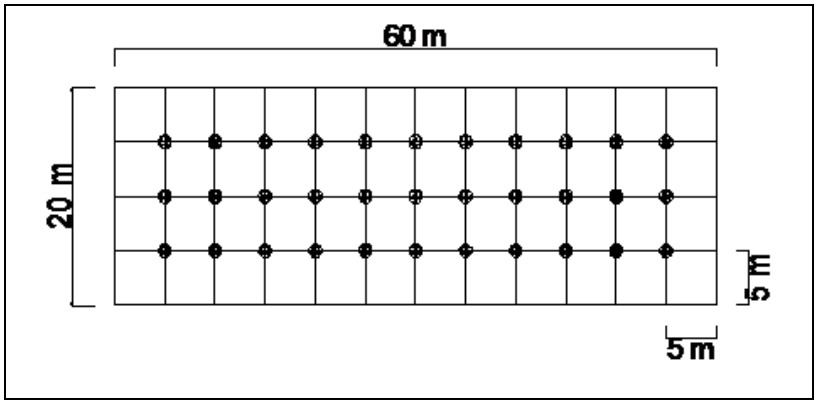


Gráfico 4.19. Mallado de Biosiembra en el Sector de Estudio.

Cada hueco, donde serán sembradas las plantas tendrá las siguientes dimensiones:

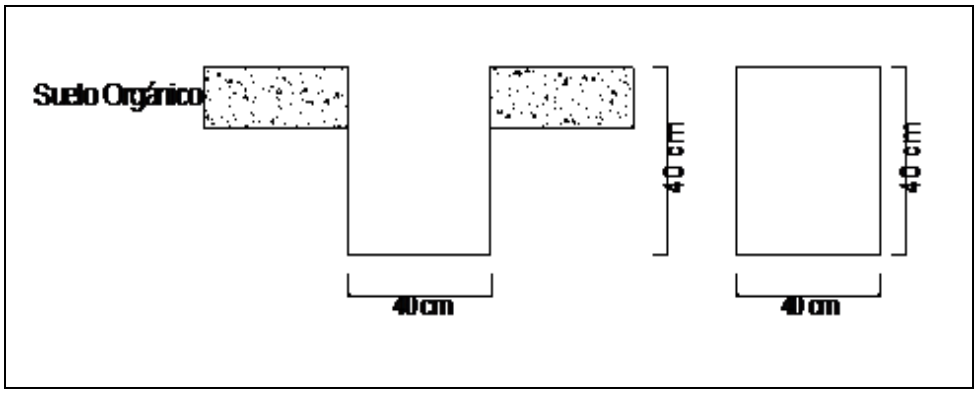


Gráfico 4.20. Dimensiones Para el Mallado de Biosiembra.

Ubicación

Gráfico 4.21. Ubicación de Biosiembra.

La medida de biosiembra tendrá lugar en el todo el cuerpo del movimiento lento o reptación de suelo, el cual se encuentra al costado izquierdo (con respecto del norte) del Barrio 9 de Diciembre, cuyo estado es latente, produciendo de esta manera la desestabilización del terreno.

Cronograma de Actividades y Presupuestos ReferencialesCronograma de Actividades.- El tiempo de esta medida se la estima y especifica en la siguiente tabla:

Actividades a Realizar	1° Mes																			
	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4				
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
1. Apertura de huecos para disposición de Plantas	■	■	■	■	■															
2. Colocación de Plantas						■	■	■	■	■										
3. Dispersión de Semillas											■	■	■	■	■					
4. Cubrimiento y riego de plantas											■	■	■	■	■					
Nota.- El tiempo para esta actividad, se estima en 15 días hábiles.																				

Tabla 4.20. Cronograma de Actividades de Biosiembra.

- ***Presupuestos Referenciales.-*** Los precios se obtuvieron en el mes de Julio del 2009 y se especifica en la siguiente tabla:

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	**NÚMERO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRE UNIT**	**PRE TOT**
Herramienta menor (5 % M. O.)	0	0	0	0	0,231
Estación Topográfica	1	Ha	1,5	80	120
SUBTOTAL A					120
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG.)	**CANTIDAD**	**JORNAL/HR**	**COST HOR**	**PRE DIA**	**PREC TOT**
Topógrafo	1	1,78	1,78	14,24	28,48
Peón. Cat. I	2	1,42	2,84	22,72	340,8.
SUBTOTAL B					370
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PREC TOT**
Plantas de Eucalipto 15 cm y 20 cm		UNIDAD	30	0,50	15
Semillas de Alfalfa		Lb	1	5	5
SUBTOTAL C					15
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**TARIFA**	**COSTO**
SUBTOTAL D					0
		TOTAL COSTO DIRECTO X = (A+B+C+D)			510
		TOTAL+ (imprevistos)			520

Tabla 4.21. Análisis de Precios Referenciales de Biosiembra.

4.13.1. Planes de Información, Difusión y Capacitación.

- ***Plan de Información:*** Este plan consiste en la información al Municipio de Celica, en forma técnica y demostrativa de cómo y porqué se puede llegar a dar la ocurrencia de este fenómeno en la zona de estudio.
- ***Plan de Difusión:*** Este plan consiste en acudir a los diferentes medios de comunicación como televisión, radio y prensa escrita para hacer posible el conocimiento a toda la sociedad de los estudios realizados y las posibles consecuencias que de desencadenarían sino se cumple con lo estipulado para prevenir daños sociales y económicos.
- ***Plan de Capacitación:*** Este plan consiste en dar capacitación a diferentes personas para que estas se encarguen de visitar y difundir a las diferentes comunidades de que se trata este fenómeno de deslizamientos, sus consecuencias y medidas que se deben tomar cuando se presente dicho fenómeno.

4.13.2. Plan de Gestión de Riesgos.

Este plan se llevara a cabo en 6 actividades que se describirán a continuación.[20]

1. ***Todos Corremos Peligro:*** Con esta actividad lo que tenemos que lograr es que la comunidad entienda que es la gestión del riesgo, reconozca que corre peligro de sufrir algún desastre y que puede hacer algo para evitarlo o disminuirlo.
2. ***Elaborar Mapas de Riesgos para la Comunidad:*** Con esta actividad lo que tenemos que lograr es que los participantes ubiquen en un mapa de la comunidad todas las amenzas que existen y la infraestructura que podria dañarse si sucede un fenómeno de movimiento en masa como lo es el

[20] Luis González de Vallejo (2004); Ingeniería Geológica.

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

3. ***Se Indentifica las Debilidades en la Comunidad***: En esta actividad la comunidad deberá indentificar las debilidades que tiene para enfrentar posibles amenazas; los aspectos desfavorables que identificaremos se llaman factores de vulnerabilidad y si reconocemos bien estos factores podremos definir acciones apropiadas para evitar o disminuir los efectos de un desastre.
4. ***Definimos las Acciones de Prevención y Mitigación:*** En esta actividad la comunidad identificará las acciones que puede hacer para evitar o disminuir los daños y pérdidas en caso de suceder la amenaza. Las acciones que planteará la población deben estar orientadas a eliminar o disminuir las debilidades o factores de vulnerabilidad que fueron en la actividad anterior.
5. ***Seleccionamos las Acciones de Prevención y Mitigación:*** Con esta actividad lo que tenemos que lograr es que la comunidad seleccione las acciones de prevención que serán las mas urgentes e importantes o las que beneficien a la mayoria de la población.
6. ***Armar la Carpeta del Plan Comunal de Gestión de Riesgos:*** Esta actividad es para que nosotros los facilitadores, organicemos todos los documentos que deben conformar la carpeta del plan de gestión de riesgo para que la comunidad los apruebe.

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

4.13.3. Aplicación de Tecnologías de Monitoreo.

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

A continuación de hace una breve descripción de algunos de estos métodos.[21]

1. **Inspección de Campo:** Los sectores considerados de mayor riesgo deben ser inspeccionados continuamente, buscando grietas en la superficie y en las viviendas, zonas erosionadas, árboles inclinados, afloramientos de aguas subterráneas o cualquier otro factor que evidencie la posible ocurrencia de un deslizamiento. El personal debe ser capacitado para reconocer estas señales y avisar inmediatamente en caso de que se presente alguna de ellas.
2. **Inclinómetro:** Este es un equipo costoso y puede costar 12000 USD, pero brinda una alta precisión y pueden detectar deslizamientos que ocurren debajo de la superficie, está compuesto por:

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

   Se utiliza de la siguiente manera:

   - Determinamos el deslizamiento que será monitoreado, procediendo de esta manera a perforar verticalmente con la ayuda de una máquina saca núcleos, un orificio de 50 mm. de diámetro hasta la profundidad que se quiere monitorear.
   - Se coloca dentro del orificio una tubería ranurada de menor diámetro y se rellena el espacio entre la perforación y la tubería con arena.
   - Se conecta el sensor con la computadora de campo por medio del cable.
   - Se hace descender el sensor hasta el fondo de la perforación y se espera 5 minutos para que se estabilice por el cambio de temperaturas antes de hacer la primera lectura.

[21] Rodríguez Castillo (2006); Estabilidad de Taludes.

- Se va levantando el sensor y cada 50 cm. se toma una nueva lectura hasta llegar a nivel de superficie.
- La información almacenada en la computadora de campo se traslada a la computadora personal donde un programa elabora un gráfico que muestra la verticalidad de la perforación.
- El primer gráfico elaborado funciona como patrón. Las nuevas medidas que se tomen se compararán contra este gráfico y cualquier diferencia será indicio de un eventual deslizamiento.

3. **Uso de Equipo de Topografía:** Estos equipos alcanzan precisiones tan altas que podrían alertar de la eventual ocurrencia de un deslizamiento. Siempre es necesario contar con un punto de referencia estable desde el que se pueda medir el desplazamiento de un punto considerado riesgoso en este caso será a 20 m. fuera de la influencia del movimiento tanto hacia la derecha como hacia la izquierda con respecto al deslizamiento; seguido de esto se procede a medir los puntos que anteriormente fueron establecidos en forma triangular con distancias entre los mismos de 140 m, independientemente del movimiento que se va a monitorear.

   Puede usarse equipo básico de topografía para registrar la distancia entre dos puntos anclados en el terreno o incluso un sistema que use la tecnología GPS. Esta moderna tecnología realiza mediciones desde satélites en órbita y ofrece una precisión suficientemente alta para detectar la ocurrencia inminente de un deslizamiento.

4. **Nivel de Aguas Subterráneas:** La estabilidad de un talud depende en gran medida del nivel freático. Un terreno seco es mucho más estable que un terreno saturado, por lo que es muy importante medir y controlar el nivel de las aguas subterráneas. Este método es más sencillo, consiste en hacer una perforación a 50 m, a una profundidad mayor que el nivel freático en época seca y medir de manera periódica el nivel de las aguas respecto a un punto fijo. En caso de que se detecte un aumento en el nivel freático o que las aguas estén alcanzando los cimientos de alguna estructura, deberán tomarse medidas para bajar ese nivel. El costo de los equipos de piezómetro oscilan entre los 6000 USD y 10000 USD, a esto se suma el costo de la perforación cuyo valor está entre los 1500 USD y 2500 USD por metro perforado.

4.14. Plan de Ordenamiento Territorial.

Mapa de Zonificación Territorial.

La zonificación del territorio de nuestra área de estudio, se elaboró a partir de la relación del mapa de zonificación de riesgos y vulnerabilidad socio-económica de nuestra área de estudio. (Véase Anexos. Mapa 13: Mapa de Zonificación Territorial del Barrio 9 de Diciembre).

Por lo que para la elaboración de nuestro plan de ordenamiento territorial se dividió el área de estudio en tres zonas:

- ***Zona Urbana.-*** Se localizan viviendas de tipo A, B y C, que se encuentran asentadas en nuestra área de estudio, que es el Barrio 9 de Diciembre, conjuntamente con las obras civiles como alcantarillado, vías adoquinadas, centros educativos cercanos (jardín, escuela), comprendiendo el 32%. (Véase Anexos. Fotografías 4.7; 4.11 y 4.12).
- ***Zonas Vacantes para Ubicar con Medidas.***- Tiene condiciones litológicas, geomorfológicas y geotécnicas favorables a aceptables para urbanizaciones de media a alta densidad, de condiciones adecuadas para infraestructuras medias (hormigón) y en caso de infraestructuras mayores (mayor de 3 pisos) con estudios geotécnicos básicos, comprendiendo el 43%. (Véase Anexos. Fotografía 4.13).

Es el área destinada para la ubicación de nuevas viviendas, esta zona contaría con las siguientes áreas:

Áreas Centrales: Ubicación de locales comerciales, casa comunal, centros de administración pública.
Áreas Residenciales: Ubicación de viviendas construidas bajo parámetros de ingeniería civil.
Áreas Industriales: Ubicación de talleres y pequeñas fábricas.
Áreas de Usos Específicos: Ubicación de canchas deportivas, áreas recreativas y distracción, centros educativos, iglesia y la policía comunitaria.

Zonas de Reserva: Ubicación de espacios para futuros asentamientos urbanos, los cuales pueden incorporarse al tejido urbano mediante normativas especiales estudiadas al efecto.

- ***Zonas de Recuperación***.- Tiene condiciones litológicas (suelos residuales altamente permeables), geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas aceptables a desfavorables, debido a cierta variación dinámica que pudieran afectar o causar problemas en la implantación de obras, para lo cual es obligado y necesario de "**Estudios Geotécnicos"** minuciosos, donde además deberá analizarse si la forma del terreno es producto de relleno y si podría provocar subsidencias o hundimientos, además de probar si la zona es susceptible a movimientos. Estas zonas deben destinarse para conservación ecológica y natural, comprendiendo el 25%. (Véase Anexos. Fotografía 4.14).

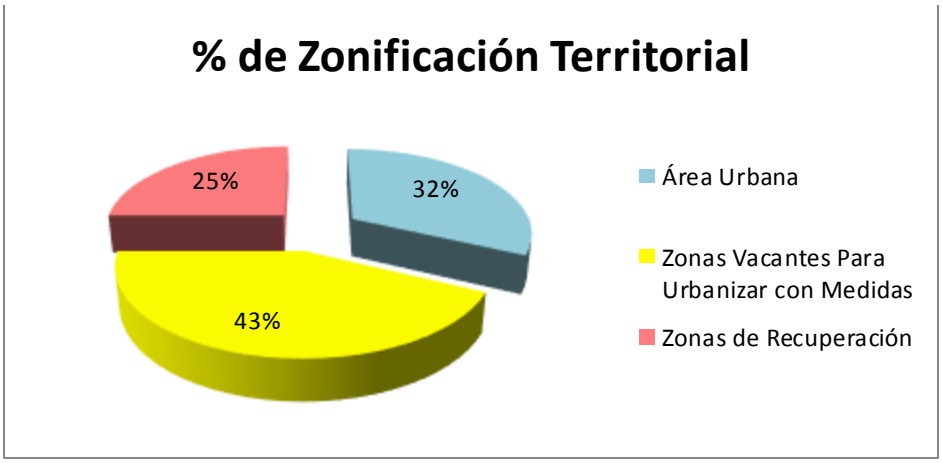


Gráfico 4.22. Porcentaje de Zonificación Territorial del Área de Estudio.

5. DISCUSIÓN.

Los movimientos en masa son peligros latentes que afectan de manera directa el desarrollo normal de las actividades humanas. Actualmente, los movimientos en masa se producen a nivel mundial por factores tales como:

- Crecimiento Poblacional desordenado.
- Desestabilización y deforestación de taludes.
- Incremento de la precipitación regional, causada por los cambios de los factores climáticos.

El proyecto de investigación realizada en el Barrio 9 de Diciembre del Cantón Celica, estuvo enfocada a la caracterización de los procesos de movimientos en masa que se suscitan en el sector antes mencionado, con el objeto de determinar las causas que generaron estos procesos y establecer las medidas de mitigación más adecuadas, para preservar la seguridad ciudadana, de viviendas y obras de infraestructura que pueden ser afectadas.

Litológicamente el Barrio 9 de diciembre se encuentra asentado sobre depósitos de antiguas avalanchas y flujo de lodo y detritos, cubiertos en parte por material de relleno para las mismas construcciones y apertura de vías. En ciertos sectores se observa que los materiales de relleno no fueron debidamente consolidados para la implementación de viviendas, razón por la cual algunas de ellas están siendo afectadas en su estructura, como consecuencia de la ocurrencia de asentamientos diferenciales.

El área de estudio se conforma de dos tipos de suelo: Orgánico, que tiene un espesor de 0,31 m. a 1,20 m, de característica limo-arcillosa, muy poroso, cuando entra en contacto con el agua es muy plástico, mientras que el Suelo Residual: que presenta un espesor de 1,20 m. a 3 m, este tipo de suelo presenta una matriz arcillosa, con clastos subredondeados y redondeados de relictos de rocas volcánicas de composición

andesito-basálticas, el diámetro de los clastos y bloques varían entre 0,10 m. a más de 2 m. los mismos que en su mayoría se encuentran altamente meteorizados y el resto en proceso de meteorización esferoidal (tipo cebolla).

Las arcillas de estos suelos, son silicatos que provienen como resultado de la alteración físico-química de los minerales que forman parte de las rocas volcánicas preexistentes, por acción principalmente del agua al pasar por estructuras heredadas.

Además en nuestra área de estudio existen depósitos de relleno, cuyas características se refieren a la gran cantidad de desechos de materiales de construcción (escombros, ladrillos, hormigón, asfalto, etc.) existentes en la zona, que han sido arrojados en el sector.

Nuestra área de estudio no presenta diaclasamiento alguno ni presencia de fallas geológicas. Estas características si se evidencian en otras partes del Cantón Celica.

En lo que respecta al factor hidrológico en la ciudad de Celica, el agua está presente en quebradas que cruzan por la ciudad, manantiales de aguas subterráneas, y aguas tratadas (red de agua potable).

Por la alta porosidad y permeabilidad del suelo vegetal y por aquella retenida en los suelos residuales existe la presencia de acumulaciones de agua (pozos y encharcamientos) (Véase Anexos. Fotografía N° 4.16).La arcilla, por lo general es transportada en suspensión en el agua y rellena las grietas y juntas de los suelos, las cuales se vuelven muy peligrosas. La resistencia a lo largo de una estructura heredada puede ser la mitad de la resistencia en el suelo residual intacto y cita casos en que la resistencia es de solamente 1/3 de la resistencia total a través del suelo, situación que permite la formación de bloques deslizantes. La acumulación de agua en la interface entre el suelo orgánico y el suelo arcilloso, puede crear flujos dentro del material más permeable que permiten a su vez crear planos de debilidad en la superficie, ocasionar

hundimientos y provocar el inicio de deslizamientos y consecuentemente rompimiento de las paredes de la infraestructura existente en la superficie.

En los lugares donde el contacto del agua está directamente con los suelos residuales, tal es el caso de las Calles Manuel Benítez y Los Cedros, el agua se infiltra por los espacios vacíos y poros que se forman entre las arcillas y los clastos y bloques relictos de la roca volcánica. Adicionalmente, los suelos residuales por estar compuestos de una amplia gama de minerales, los granos de estos, presentan una diferente resistencia, que al contacto con el agua genera la inestabilidad de los bloques. La saturación y sobresaturación del suelo por la cantidad de agua tanto de lluvias como de infiltración por las quebradas, rompimientos de tuberías (canalización y agua potable) y de actividades antrópicas, aumentan la carga sobre las capas arcillosas del suelo residual subyacente, actuando como planos de los deslizamientos.

Las acumulaciones de agua en los suelos residuales de Celica, se producen por las siguientes causas: a). Por las infiltraciones de las aguas de las quebradas que cruzan la ciudad, principalmente en las zonas de embaulamiento caducas, destruidas y no impermeabilizadas, b). Por la infiltración natural de aguas lluvias que se dirigen siguiendo las pendientes, producto de las fuertes precipitaciones pluviométricas, características de la zona en épocas invernales, c). Por la presencia de agua por agentes externos u antrópicos, como la rotura de redes de canalización y de tuberías de abastecimiento, y d). Por la existencia de aguas mal dirigidas sin cauces apropiados para este fin, en terrenos y patios no impermeabilizados.

En el área de estudio correspondiente al Barrio 9 de Diciembre, del Cantón Celica, está caracterizado por la presencia de zonas de pendiente, que van desde los 10º hasta pendientes de 45º de inclinación de acuerdo a levantamientos topográficos y la elaboración del mapa de pendientes realizados a detalle.

Desde el punto de vista geotécnico, el suelo orgánico que cubre todas las rocas del área de estudio es muy poroso y permite el paso del agua sin ningún problema. De

igual manera, pero con menor intensidad, sucede con los suelos arcillosos residuales que se encuentran bajo el suelo vegetal u orgánico. Estos suelos arcillosos, como se expresó antes, mantienen estructuras del diaclasamiento heredado de las rocas volcánicas originales. Estas juntas o diaclasas, conocidas muchas veces como fracturas, fisuras o discontinuidades, en las que no se observan un movimiento relativo de sus lados, son las que estarían actuando como conductores del agua y ejerciendo presiones de los poros, debiendo recalcar que estos suelos contienen en su composición una gran cantidad de clastos y bloques de diferentes diámetros manteniendo una alta porosidad y permitiendo a su vez el paso del agua con mayor facilidad. Hacia abajo estos suelos arcillosos o plásticos son capaces de deformarse sin agrietarse, sin tener una reacción elástica que cambian de consistencia al variar el contenido de agua. Los suelos arcillosos que están hacia la superficie una vez húmedos, al secarse se contraen y pueden generar nuevos agrietamientos o aperturas permitiendo el ingreso de agua o aumentando la humedad de las arcillas que provocan la inestabilidad del Barrio 9 de Diciembre.

En general, el factor antrópico en el área de estudio juega un papel importante en la inestabilidad de los suelos. La mala planificación técnica del desarrollo de la ciudad desde sus inicios, han contribuido para continuar construyendo viviendas y obras civiles sin ninguna base geológica–geotécnica.

Los materiales utilizados en la construcción de las viviendas son muy variados, desde madera, adobes de arcilla, ladrillos, bareque hasta estructuras de hormigón armado con cubiertas de teja, zinc, asbesto-cemento y terrazas de hormigón. Las obras civiles responden de diferente manera a los procesos de movimientos en masa, en razón de que en los mismos sectores, los daños son diferentes en cada caso.

Adicionalmente debe considerarse, el tiempo de vida que tienen las construcciones, ya que se encuentran agrietamientos en casas y obras civiles en las que prácticamente los daños son más debido a su vetustez que a los movimientos en masa.

Las casas se siguen construyendo sin ningún control Técnico del Municipio. Las construcciones son de uno a cinco pisos, simplemente bajo la dirección de un "Maestro Mayor", observándose construcciones de casas pequeñas con cimientos que oscilan entre los 0.50 m. hasta 2 m. de profundidad, sin considerar el factor geotécnico (compresibilidad de los suelos residuales) y peor aún muchas de ellas, se las realiza en zonas de relleno. Al respecto, no existen Ordenanzas Municipales o por lo menos no se las aplica para que se norme, controle y garantice la calidad de la construcción. (Véase Anexos. Fotografía 4.9).

La evacuación de aguas servidas de las diferentes viviendas se las hace en muchos casos por canales abiertos sin impermeabilización hasta las principales quebradas que atraviesan la ciudad, ocasionando a su paso las infiltraciones por los suelos residuales, deslizamientos y contaminación al ambiente. (Véase Anexos. Fotografía 4.15).

Existe una falta total de conciencia de la población de nuestra área de estudio en el aspecto de colaboración y participación en el aseo de la ciudad, ya que se arroja basura, la cual conjuntamente con ramas y rocas presentes en las quebradas al aumentar el caudal del agua pueden causar problemas de rompimiento de las zonas de embaulamiento de las quebradas y por ende graves daños a la ciudad, tanto a la infraestructura como al sistema de saneamiento de la ciudad.

Es notorio el mal manejo de aguas en los patios y espacios no habitados y la falta de limpieza en unos casos y en otras inexistencias de cunetas de las vías y calles.

En calles como la Asdrúbal Castillo, no existe instalaciones para la recolección y desagüe de aguas lluvias. Las tuberías de canalización han sido acopladas para recolectar simultáneamente la aguas servidas y aguas lluvias, situación que indica la falta de planificación para cubrir con suficiente capacidad este servicio, conociéndose por los moradores que cada vez que llueve fuerte las aguas bajan por esta calle ocasionando fuertes daños como los que se pueden apreciar en la casas de las familias que habitan en las partes más bajas.

Los factores detonantes de nuestra área de estudio se ven caracterizados por las fuertes lluvias que se presentan en el sector, en los meses de marzo y abril. Las fuertes precipitaciones en el sector como agente promotor de deslizamientos, y para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa que correlaciono las precipitaciones, la geología y las pendientes del sector de estudio y de esta manera tomar en cuenta que tipo de movimiento se puede producir.

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

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

Todos estos estudios permitieron determinar que en el Barrio 9 de Diciembre, existe la presencia de dos movimientos en masa, donde se identifica un movimiento traslacional ubicado en el asentamiento urbano del Barrio 9 de Diciembre en las coordenadas x=615736, y=9546261, z=1997 msnm. Y un movimiento lento o reptación de suelo ubicado en el costado oeste del Barrio 9 de Diciembre, en las coordenadas x=615622, y=9546206, z=1973 msnm.

De acuerdo a las observaciones de campo realizadas en el sector comprendido entre la calle Elías Arciniegas al Norte, la calle Manuel Benítez al Sur, la Avenida 12 de Diciembre al Este y la calle los Cedros al Oeste, el proceso que ocurre en el Barrio 9 de Diciembre, correspondería a un deslizamiento traslacional activo de depósitos superficiales (antiguas avalanchas y flujos de lodo y detritos, suelo residual, suelo

vegetal y material de relleno), con una dirección de movimiento hacia el Oeste y un ángulo de inclinación de 20°. El largo promedio entre la Avenida 12 de Diciembre (parte superior) y hacia el Oeste de la calle los Cedros (parte inferior), tiene una longitud de 120 m. de acuerdo a los perfiles realizados a lo largo de las calles 10 de Agosto y Asdrúbal Castillo y en la calle Rubén Martínez. El ancho promedio en el límite de la calle Elías Arciniegas y la calle Manuel Benítez, tiene una longitud aproximada de 110 m entre las calles Manuel Benítez y Rubén Martínez.

.

La mayor parte de viviendas del barrio, ubicadas hacia el Oeste de la Avenida 12 de Diciembre, muestran grietas y desplazamientos en sus paredes y en el piso, producto del proceso de movimiento en masa ocurrido durante los primeros meses del año 2008, afectando un área de 31535,59 m^2. Como consecuencia de la alta pluviosidad registrada en la zona. En la calle Los Cedros, límite Oeste del Barrio, entre las calles Rubén Martínez al Norte y Manuel Benítez al Sur, existen viviendas que presentan grietas en las paredes y pisos, razón por la cual algunas de ellas deben ser evaluadas por el Municipio de Celica, para que se proceda a su inmediata evacuación y reubicación de sus habitantes, ya que es evidente que con la acción de algún agente disparador como un sismo de mediana magnitud o un alto nivel de pluviosidad, estas pueden colapsar.

En base a las afectaciones superficiales del terreno y de las viviendas, se presume que el plano del deslizamiento se encuentra a poca profundidad no mayor a 5 m, lo cual puede ser corroborado mediante investigaciones geofísicas y posteriores perforaciones.

En la parte Sur-Oeste del Barrio 9 de diciembre, se produce la reptación de suelo originado principalmente por la deforestación, existencia de agua y la presencia de construcciones civiles. El área afectada es aproximadamente de 10219,42 m^2, posee dimensiones de 58 m. de ancho por 60 m. de longitud. La dirección del movimiento de reptación es Sur 50^0 Oeste, con pendientes de 25° a 30° con una forma general ondulada y particularmente escalonada.

Aparentemente la saturación del agua favorece el movimiento, el tipo de roca también influye para que se produzcan este tipo de movimientos por lo que se infiere que los costados del deslizamiento principal son movidos por arrastre de la parte central. Se ubica en las coordenadas x=615918, y=9546570, z=1980 msnm, presenta características como detritos en un 15%, tierra en un 10%, bloques en un 5%, cantos rodados en un 10%, limo en un 15%, arcilla en un 40% y material orgánico en un 5%. La cobertura del suelo corresponde a vegetación herbácea en un 80%, matorrales en un 15%, y construcciones en un 5%. El uso del suelo en el sector es utilizado en viviendas en un 10%, en ganadería en 90%. Los factores condicionantes son: material plástico débil, material meteorizado, meteorización por expansión y contracción, carga en la corona del talud, erosión subterránea, mantenimiento deficiente del sistema de drenaje. Como factores desencadenantes tenemos: movimiento tectónico, sismos, lluvias, escarpes de aguas de tuberías, excesos de agua, cargas en construcciones civiles y vibraciones de vehículos.

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

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

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

La aplicación del SIG con elementos software hace posible la realización de mapas con mayor facilidad ya que permite la superposición de mapas temáticos de manera

más rápida y sencilla mismos que han sido elaborados con datos obtenidos en el campo, por medio de las metodologías aplicadas.

El trabajo de campo, así como las entrevistas permiten establecer los siguientes problemas y daños a la infraestructura del área de estudio:

- Colapso del sistema de alcantarillado y paso de agua. Sector de embaulamiento de la quebrada Vieja.
- Colapso total del sistema de alcantarillado y paso de agua. Sector de quebradas Motilón. Además de roturas del alcantarillado. Es común evidenciarlas en el área de estudio (zona de relleno).
- Roturas y desniveles en las tuberías del sistema de canalización de aguas servidas. Tuberías viejas de cemento con desplazamientos en sus uniones.
- Deformación y rotura de pavimentos y asfaltos. Es perceptible en casi todas las calles de nuestra área de estudio.
- Deformaciones de pisos, fisuras y rotura de elementos estructurales, de centros educativos, separación de juntas y pilares, roturas de cimentación (Escuela Maximiliano Rodríguez y Jardín de Infantes Gloria Vicenta Chiriboga).
- Grietas verticales e inclinadas en el 90% de las viviendas del sector.
- Asentamientos diferenciados de la cimentación, hundimientos por compactación del suelo y filtraciones de agua.

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

La clasificación del territorio en zonas de distinta peligrosidad o riesgo se ha abordado por parte de muy diversos autores y de formas bastante variadas. La diversidad de enfoques y de metodologías ha dado lugar a cartografías con sentidos muy distintos y

de difícil estandarización, dado que en general se han concebido para aplicaciones específicas.

Para la obtención del Ordenamiento Territorial se ha tenido que desarrollar una serie de trabajos los cuales han servido para poder determinar cuáles son los principales problemas de orden geológico que presenta este sector, los cuales fueron descritos anteriormente; los mismos que deberían ser tomados en cuenta por el municipio del cantón. Para de esta manera poder llegar a mejorar e impulsar el adelanto de tan prestigioso sector, así mismo poder mantener un adecuado equilibrio ambiental y poder llegar a un correcto desarrollo sustentable y de respeto a la naturaleza.

6. CONCLUSIONES.

Los estudios realizados por medio de las metodologías aplicadas en el Barrio 9 de Diciembre, de la ciudad de Celica, nos permitió obtener resultados, los cuales nos permitieron concluir lo siguiente:

- Como resultado del inventario de los diferentes procesos de movimientos en masa ocurridos en nuestra área de estudio se localizó dos movimientos en masa, los cuales han sido caracterizados y descritos, obteniendo de esta manera la existencia de un movimiento de tipo Traslacional y un movimiento Lento o Reptación de Suelo.
- Los principales factores que intervienen en los procesos de movimientos en masa en la ciudad de Celica son: Litológico, hidrogeológico, geotécnico y antrópico.
- La geología de la zona estudiada está compuesta en su mayoría por rocas volcano-sedimentarias con intercalaciones de lavas sobreyacidas por suelos residuales correspondientes a la Unidad Quillosara, antes conocida como Unidad o Formación Celica.
- El suelo en general en toda el área de estudio, tiene una alta saturación evidenciada por la presencia de vertientes y acumulaciones evidentes en los pozos de recolección de muestras.
- No existe la presencia de fallas regionales o locales que podrían estar influenciando en los movimientos en masa estudiados.
- El factor detonante de los movimientos en masa y los daños detectados en obras de la infraestructura civil del área de estudio, es el agua, proveniente tanto de las quebradas que atraviesan tanto de la Quebrada Vieja que atraviesa el área de estudio como del agua lluvia a lo que se suma el rompimiento e infiltraciones de los sistemas de embaulamiento, evacuación de aguas servidas y sistemas de agua potable y al mal manejo de estas en sectores de depresiones.
- Las vías principales y secundarias (arteriales y colectoras), en su mayor parte carecen de cunetas y en sectores donde existen, estas se encuentran tapadas, obstaculizando el paso del agua lluvia, permitiendo su infiltración hacia los suelos residuales.

- No existen normativas municipales que exijan la realización y/o la presentación de estudios geotécnicos previos a la ejecución de obras civiles sean estas municipales o particulares.
- Los procesos de movimientos en masa del Barrio 9 de Diciembre son conocidos desde hace más de dos décadas y podrían traer fatales consecuencias si no se aplican las recomendaciones propuestas.
- El mapa de inventarios a movimientos en masa delimita áreas en donde deben llevarse estudios más a detalle; evalúa las condiciones de inestabilidad en el área de estudio. La principal utilidad es contar con una base de información respecto a la presencia de movimientos en masa la misma que corresponde a un periodo de un determinado tiempo y no detalla las condiciones en un futuro de su inestabilidad.
- Las medidas de previsión y prevención son las más viables para el presente estudio y de acuerdo a la incidencia de las actividades antrópicas, tales como drenajes superficiales, cunetas de coronación, terraceo, cimentaciones reforzadas y a mayor profundidad; para evitar pérdidas humanas, económicas y ambientales por encontrarse en un área ecológica que necesita ser conservada.

7. RECOMENDACIONES.

En base a las conclusiones de estudio, se sugiere las siguientes recomendaciones, las mismas que han sido clasificadas en acciones inmediatas a ser ejecutadas en forma urgente y en acciones mediatas a ser implantadas a corto plazo, es decir, aquellas que deberán realizarse tan pronto se culminen las primeras; todo esto con la finalidad de implementar medidas de prevención como parte de un Sistema de Gestión del Riesgo.

Acciones Inmediatas.

Realizar la limpieza de todas las quebradas que cruzan la ciudad, desde las partes más altas, inclusive fuera del perímetro urbano, ya que a lo largo de estas se encuentran acumulaciones de agua ocasionadas por la presencia de ramas, hojas y basura, además existen antecedentes de la ocurrencia de un gran aluvión sucedido en 1934. Si ocurre un nuevo evento en las condiciones actuales de manejo del agua de la ciudad, sus consecuencias, podrían ser fatales. De tal manera que las aguas deben en lo posible ser recolectadas en la parte superior para que de esta manera no existan futuras infiltraciones.

El Municipio a través de las unidades o departamentos técnicos correspondientes deben elaborar y ejecutar un programa de trabajo en el que se incluyan las siguientes actividades:

- Revisar todo el sistema de alcantarillado de la ciudad y definir los sectores dañados para ser reparados.
- Diseñar un nuevo sistema de alcantarillado que reemplace al sistema caduco que es el principal causante de las infiltraciones de agua.
- Controlar las fugas de agua potable de las acometidas que han sido instaladas legalmente y a su vez suspender y exigir la legalización de instalaciones o acometidas clandestinas.

- Realizar un control estricto de las descargas de aguas servidas al sistema de alcantarillado.
- Diseñar e implementar Sistemas de evacuación de aguas servidas y pluviales hacia las quebradas que no tengan pasos subterráneos o embaulamiento por la ciudad.
- Realizar la limpieza de todas las alcantarillas y cunetas tanto de las calles como de las vías principales y secundarias. En caso de ausencia, construir con desfogues dirigidos hacia las quebradas que no pasen por el perímetro urbano de la ciudad.

Permitir la construcción de obras civiles y viviendas en zonas y profundidades cuyos suelos residuales no estén expuestos a cambios de humedad y oscilaciones del nivel freático.

Realizar un correcto direccionamiento de las aguas de escorrentía mediante la construcción de canales de drenaje que tengan una buena pendiente, perfectamente impermeabilizados dirigidos hacia las alcantarillas y/o quebradas aledañas que estén debidamente garantizadas por el Municipio.

Impermeabilización de las zonas de relleno para impedir la filtración de aguas lluvia, debido a que los suelos de la zona de estudio por su composición litológica y alta meteorización son altamente permeables.

El Municipio debe implementar un estricto sistema de control y aprobación de los planos de construcción de viviendas en el que se califique las condiciones geotécnicas del tipo de terreno y los sistemas de evacuación de aguas lluvias y servidas.

Construir canales que eviten el ingreso de aguas lluvias directamente a antiguas aberturas y desniveles que se habían producido en diferentes terrenos, evitando que continúe el movimiento del deslizamiento iniciado

Acciones Mediatas.

Realizar una campaña de concienciación de la correcta utilización del agua potable y de regadío, el correcto manejo de las aguas servidas y el peligro de construir casas en zonas que presentan inestabilidad.

Implementar una campaña de reforestación especialmente a los lados de las carreteras y quebradas principales, con especies nativas del lugar con la finalidad de evitar una fácil meteorización de los terrenos y prevenir la erosión y destrucción de los flancos de las quebradas.

Solicitar a los diferentes organismos del Estado, para que este tipo de trabajos de investigación se los realice en forma conjunta con otras instituciones con la finalidad de que los mismos sirvan de ayuda a la comunidad.

El Municipio de Celica debe planificar sus proyectos y ejecutar sus obras de saneamiento, de tal manera que se puedan controlar y reparar todas las conducciones subterráneas, principalmente de evacuación de aguas servidas (canalización) y tuberías de abastecimiento de agua potable y conducciones de agua de regadío, con la finalidad de evitar roturas y fugas de agua que alteren el estado de humedad del suelo y evitar que puedan producirse movimientos del sustrato.

Que los proyectos de apertura de calles contemplen aceras y pavimentaciones con cemento o materiales impermeables técnicamente armadas que eviten roturas, con pendientes y cunetas en los bordes exteriores.

Durante la ejecución de trabajos de excavación, evitar el ingreso de agua, debiéndose tapar y rellenar en forma inmediata e impermeabilizar la zona destapada, evitando los cambios de humedad del suelo y de esta manera que los daños detectados no progresen.

Diseñar un programa inmediato de prevención y reparación, al costo más bajo posible cambiando el direccionamiento de la evacuación de aguas servidas.

Planificar y ejecutar un plan de capacitación para concientizar y educar a la ciudadanía de Celica sobre la problemática estudiada; en la que deben participar los estudiantes de pre-primaria, primaria, secundaria.

Fortalecer la Unidad de Gestión Ambiental del Ilustre Municipio del Canton Celica, quien deberá liderar todos estos trabajos de Sistema de Gestión de Riesgo.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Libros:

- Ambalagan R. (1992) "Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain". Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 861-871.

- Asian Technical Committee on Geoetchnology for natural Hazards in ISSMFE (1997), "Manual for zonation on areas susceptible to rain induced slope failure". Japanese Geotechnical Society. 81 p.

- Bergren B. , Fallsvik J., Viberg L. (1992) "Mapping and evaluation of landslide risk in Sweden" Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch, pp. 873-878.

- Brabb, E.E. (1978), "Analyzing and portraying geologic and cartographic information for landuse planning", mergency response and Decision making in San Mateo country, California. In Proc., SIG'87, San Francisco, California, American Society of photogrammetry and remote sensing, falls church, Virginia, pp 362-374.

- Brabb, E.E. (1984), "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". In proc., fourth international symposium on landslides, Canadian.

- Brabb, E.E., Guzzetti F., Mark R., Simpson R.W. (1989). "The exent of landsliding in Northern new Mexico and similar semi-arid regions". In Landslides in a semi-Arid Environment (P.M. Sadler and D.M. Morton, eds), Inland Geological Society, University of California, Riverside, Vol. 2, pp 163-173.

- Burrough, P.A. (1986), "Principles of Geographical Information Systems and Land Resources Assessment". Clarendon Press, Oxford, England, 194 pp.

- Carrara A. (1983), "Multivariate models for landslide hazard evaluation". Mathematical Geology, Vol. 15, No. 3, pp 403-427.

- Corominas, J., 1989, Clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera, *en* Corominas, ed., Estabilidad de taludes y laderas naturales: Zaragoza, Sociedad Española de Geomorfología, p. 1–30.

- Corominas Dulcet, J., y García Yagué A., 1997, Terminología de los movimientos de laderas, *en* Memorias, IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Granada, España, p. 1051–1072.
- Crozier, M.J., y Glade, T., 1999, Frequency and magnitude of landsliding: Fundamental research issues, *en* Memorias, International Conference on Geomorphology, Bologna, p. 141–155.

- Crozier, M.J., y Glade, T., 2005, Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, *en* Glade, T., et al. ed., Landslide hazard and risk Chichester, England, John Willey & Sons, p. 2–40.

- Cruden, D. M., 1991, A Simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 43, p. 27–29.

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, *en* Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.

- Finlay P.J., Mostyn, G.R., Fell, R. (1997) "Vulnerability to landsliding". Paper submitted to the Quarterly Journal of Engineering Geology. Geotechnical Society, Toronto, Canadá, vol. 1, pp. 307-324.

- García Yagué, A., 1966, Contribución para la clasificación de los movimientos de terreno: Revista de Obras Públicas, p. 995–1003.

- Glade, T y Crozier, M.J., 2005, the nature of landslide and hazard impact, *en* Glade, T., et al. ed., Landslide hazard and risk: Chichester, England, John Willey & Sons, p. 43–75.

- Hungr, O., 2005, Classification and terminology, *en* Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.

- Hungr, O., Morgan, G.C., y Kellerhals, R., 1984, Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measure: Canadian Geotechnical Journal, v. 21, p. 663–667.

- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.

- Hungr, O., Rawlings, G., y Evans, S.G., 2004, the occurrence and classification of massive rock slope failure: Felsbau, Vienna, Austria, v. 22, p. 16–23.

- International Association of engineering geology (IAEG) (1976). "Engineering Geological maps: A guide to their preparation". UNESCO. Press, Paris, 79 p.

- IUGS Working Group on Landslides, Commitee on Risk Assessment (1997) "Quantitative risk assessment for slopes and landslides – The state of the art".

Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 3-12.

- Leroi, E. (1996) "Landslide hazard – Risk maps at different scales: Objetives, tools and developments". Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides. Trondheim, pp. 35-51.

- Leroueil S., Locat, J. – (1996) "Geotechnical characterization of slope movements". Proceedings of the Seventh International Symposium on Lanslides. Trondheim, pp. 53-71.

- Liener, S., Kienholz, H., Liniger, M., Krummenacher, B. (1996) "Slidisp – A procedure to locate landslide prone areas". Proceedings of the seventh International Symposium on landslides. Trondheim, pp. 279-284.

- Morgenstem, N.R. (1997) "Toward landslide risk assessment in practice" Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment. Honolulu, Hawaii, USA, pp. 15-23.

- Mora S, Vahrson, W. (1993). "Macrozonation methodolgy for landslide hazard determination", Bull. Intl. Ass. Eng. Geology.

- Newman E.B., Paradis A.R., Brabb EE., (1978). "Feassibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Francisco Bay region, California, Bulletin 1443. U.S.

- Varnes, D. J., 1958, Landslides types and processes, *en* Eckel, E.B., ed., Landslides and engineering practice, Special Report 28: Washington, DC, Highway Research Board, National Academy of Sciences, p. 20–47.

- Varnes, D. J., 1978, Slope movements types and processes, *en* Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy¡ Press, Transportation Research Board Special Report 176, p. 9–33.

- Varnes D.J. (1984) "Landslide hazard Zonation "A Review of Principles and practice. UNESCO Press, Paris 63 p.

- Vaunat, J., Leroueil, S., Tavenas, F. (1992) "Hazard and risk analysis of slope stability". First Canadian Symposium on Geotechnique and Natural Hazard, Vancouver, pp. 397-404.

- SENAGE, (2007). "Caracterización Geológica y de Procesos Geodinámicos de la Ciudad de Celica Cantón Celica – Provincia de Loja".

Tesis:

- Walter Tambo y David Vicuña, (2009) "Análisis de la susceptibilidad de los fenómenos de remoción en masa de la carretera Loja-Malacatos en el tramo Dos Puentes-Landangui, Loja.

- Abad K. (2006) "Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja".

9. ANEXOS

Anexo 1. Fotografías.

Anexo 2. Fotografías Aéreas de Celica.

Anexo 3. Fichas Técnicas.

Anexo 4. Informe de Análisis de Rocas y Suelos.

Anexo 5. Mapas.

Anexo 6. Perfiles.