



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGO

TEMA:

**EXPERIENCIAS Y METODOLOGIAS DEL
MACRO DESLIZAMIENTO DE TURI-TOTORAS
EN EL SECTOR SAN ISIDRO, PARROQUIA
TURI, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL
AZUAY AÑO 2017**

AUTOR:

ELTIN UBALDO PESANTEZ ROMERO

TUTOR:

ING. ABELARDO PAUCAR CAMACHO PhD

GUARANDA – ECUADOR

AGOSTO 2017

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación, se forjó a base de esfuerzo, constancia, ahínco y sacrificio, no solamente de parte mía y la de mi tutor, sino de personas que de una u otra manera son parte importante de mi vida y me acompañaron a lo largo de esta experiencia enriquecedora, viviendo a cada instante momentos emotivos buenos y malos, los cuales fueron un complemento valioso para mi formación académica y personal. Por tal virtud quiero dedicar, agradecer y expresar mi admiración a mi esposa Andrea Guadalupe Bravo, por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento; a mis hijos Sofía, David y Jana, quienes entendieron lo difícil que resultó, que en muchos momentos de experiencias importantes de su vida no estuve presente, lo que me motivó aún más a continuar con este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Sobre todos las cosas mi agradecimiento al todo poderoso, por su bendición infinita, guiando mis pasos en la culminación de este proyecto y permitirme gozar de salud, felicidad, unión, una maravillosa familia y muchas cosas que día a día iluminan mi vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar, por brindarme un espacio, el cual se convirtió en mi segundo hogar, donde pasé momentos con sentimientos compartidos que fomentaron la experiencia enriquecedora de fortalecerme como profesional y ser humano.

A los docentes, quienes desinteresadamente comparten sus conocimientos con el afán de formar profesionales competentes que sean parte de la sociedad con valores, principios enfocados en la calidad y calidez de servicio.

Un especial agradecimiento al Ing. Abelardo Paucar C., por su don de gente y su magnánimo asesoramiento académico, que sirvió de guía a cada paso del desarrollo y culminación de este proyecto de titulación.

A todas las personas, amigos, familiares, que de manera directa o indirectamente prestaron su apoyo y colaboración en la culminación de este proyecto, mismo que fue un peldaño en la formación profesional y una fortaleza personal.

Y por último, pero no menos importante agradezco a mi esposa e hijos que son el motor y la fortaleza de mi vida; a mis padres, a mi suegra y su familia quienes han estado pendientes de mi familia en momentos difíciles.

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

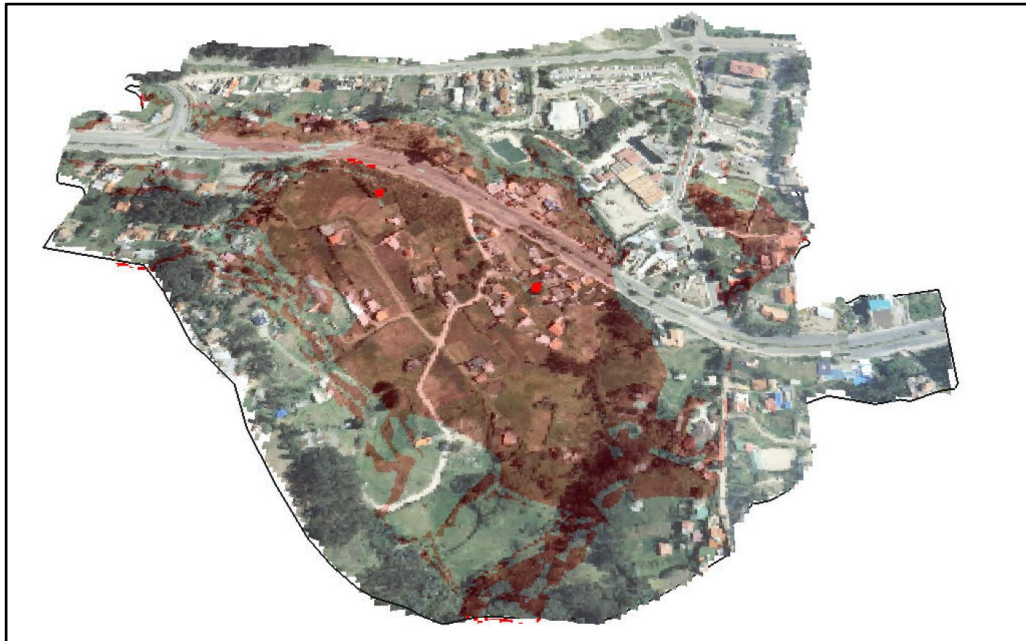
En mi calidad de Director del trabajo de titulación, mediante la modalidad de estudio de caso, elaborado por el señor Eltin Ubaldo Pesantez Romero, titulado “EXPERIENCIAS Y METODOLOGIAS UTILIZADAS EN EL DESLIZAMIENTO DE TURI-TOTORAS, SECTOR SAN ISIDRO, PARROQUIA TURI, CANTON CUENCA, PROVINCIA AZUAY AÑO 2017.”, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo, considero que el trabajo ha sido revisado y reúne los requisitos académicos y legales establecidos en el reglamento de titulación de la Facultad de Ciencias de la Salud. Por lo que autorizo la presentación en las instancias respectivas para el trámite correspondiente en la facultad para su revisión y calificación.

En la ciudad de Guaranda, julio del 2017.

Ing. Abelardo Paucar Camacho, PhD

TEMA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

EXPERIENCIAS Y METODOLOGIAS DEL MACRO DESLIZAMIENTO DE TURI-TOTORAS EN EL SECTOR SAN ISIDRO DE LA PARROQUIA TURI, CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY, AÑO 2017.



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPÍTULO I	12
INTRODUCCIÓN	12
<i>1.1 Justificación</i>	12
<i>1.2 Limitantes</i>	14
<i>1.3 Problema</i>	14
1.3.1 Planteamiento del Problema	14
1.3.2 Formulación del Problema	16
<i>1.4 Objetivos</i>	16
1.4.1 Objetivo General.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO	18
<i>2.1 MARCO TERRITORIAL</i>	18
2.1.1 Contextualización del Área de Estudio de Caso	18
<i>2.2 BASES TEÓRICAS</i>	22
2.2.1 Conceptos y Clasificación de Movimientos en Masa	22
2.2.3 Componentes que afectan la Inestabilidad del Terreno.....	28
2.2.4 Inestabilidad en coluviones.....	31
2.2.5 Susceptibilidad.....	35
2.2.6 Factores Condicionantes y Desencadenantes en Deslizamientos.....	35

2.2.7 Medidas de Mitigación para Deslizamientos	43
CAPÍTULO III	46
3.3 MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	46
3.3.2 Universo y Muestra (área de estudio)	47
3.3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	47
3.3.4 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Información	48
3.3.5 Presentación y análisis de Resultados	48
3.3.6 Parámetros de la Metodología Mora-Vahrson	49
CAPÍTULO IV.....	56
RESULTADOS ALCANZADOS POR OBJETIVO	56
4.1 Resultado del Objetivo 1: Factores de Susceptibilidad y Amenaza a Deslizamientos	56
4.1.1 Factores Condicionantes	56
4.1.2 Factores Detonantes	90
4.1.3 Mapa de Susceptibilidad y Amenaza a deslizamiento en el área de estudio	96
4.2 Resultado del Objetivo 2: Medidas de Mitigación Implementadas para la Estabilización del Deslizamiento.....	101
4.2.1 Medidas estructurales.....	101
4.3 Resultado del Objetivo 3: Medidas Generales para la Reducción de la Amenaza de Deslizamiento en el Área de estudio	112
4.3.1 Medidas Generales.....	112
CAPITULO V.....	114
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LECCIONES APRENDIDAS.....	114
5.1 Conclusiones	114
5.2 Recomendaciones	116
5.3 Lecciones Aprendidas.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	118
ANEXOS	122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 VARIABLES E INDICADORES DE PONDERACIÓN PARA LA SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA DE DESLIZAMIENTO-----	51
TABLA 3.2 RANGOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE Y NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA A DESLIZAMIENTO. -----	53
TABLA 3.3 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD. -----	53
TABLA 3.4 CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA. -----	54
TABLA 4.1 DATOS DE LAS PERFORACIONES ROTACIONALES EN EL DESLIZAMIENTO TURI. -----	63
TABLA 4.2 RESULTADO DEL FACTOR GEOLÓGICO-LITOLÓGICO (S_{GL}) DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PESOS DE PONDERACIÓN.-----	65
TABLA 4.3 CLASIFICACIÓN DE GEOFORMAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO. -----	69
TABLA 4.4 VALORES DE PERMEABILIDAD PRESENTES EN LOS HORIZONTES ESTRATIGRÁFICOS SUPERFICIALES. ----	74
TABLA 4.5 RESULTADO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL FACTOR MORFOLÓGICO (S_{GM}) DE LA ZONA DE ESTUDIO -----	75
TABLA 4.6 RANGOS Y NIVELES CONSIDERADOS. -----	79
TABLA 4.7 RESULTADOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS DEL FACTOR PENDIENTE (S_p), CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. -----	80
TABLA 4.8 FACTOR HIDROGEOLÓGICO (S_{HG}) DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	83
TABLA 4.9 RESULTADOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS DEL FACTOR USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO (S_U). ----	87
TABLA 4.10 RESULTADO DEL FACTOR DESENCADENANTE DE PRECIPITACIÓN (T_p).-----	91
TABLA 4.11 ZONA SÍSMICA CORRESPONDIENTE AL ÁREA DE ESTUDIO. -----	94
TABLA 4.12 PONDERACIÓN DEL FACTOR SÍSMICO (T_s)-----	95
TABLA 4.13 ELEMENTOS DE LOS FACTORES CON SU INDICADOR, PESO PONDERADO Y VALOR MÁXIMO. -----	96
TABLA 4.14 METODOLOGÍAS Y EXPERIENCIAS DEL DESLIZAMIENTO TURI. -----	104
TABLA 4.15 MEDIDAS GENERALES QUE PUEDEN SER INCORPORADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.-----	112

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO RESPECTO A LA PARROQUIA TURI. -----	14
MAPA 1.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO "DESIZAMIENTO TURI". -----	16
MAPA 4.1 COMPONENTES GEOLÓGICOS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO. -----	60
MAPA 4.2 GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	66
MAPA 4.3 COMPONENTES GEOMORFOLÓGICOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	77
MAPA 4.4 GRADO DE PENDIENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	81
MAPA 4.5 HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	85
MAPA 4.6 ÁREAS DEL FACTOR USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO. -----	89
MAPA 4.7 ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS QUE INFLUYEN EN EL ÁREA DE ESTUDIO. -----	92
MAPA 4.8 ISOYETAS DE PRECIPITACIÓN ANUAL QUE INFLUYEN EN EL ÁREA DE ESTUDIO. -----	93
MAPA 4.9 SUSCEPTIBILIDAD A DESIZAMIENTO. -----	99
MAPA 4.10 AMENAZA A DESIZAMIENTO. -----	100
MAPA 4.11 UBICACIÓN DE OBRAS MITIGANTES EN EL DESIZAMIENTO DE TURI. -----	111

RESUMEN EJECUTIVO

En el barrio San Isidro de la parroquia Turi del cantón Cuenca, a partir de 1998 se presentó un macro deslizamiento de tipo compuesto como consecuencia de relieves irregulares provenientes de procesos geo dinámicos gravitacionales (glaciación, meteorización y erosión), que influyen en el comportamiento de los suelos; la alteración se debe a la interacción entre factores endógenos y exógenos que influyen en la estabilidad del terreno, las características peculiares de los materiales se comportan de diferente manera, lo que hace difícil generalizar estudios, causando malestar entre las autoridades y habitantes del sector; su área de influencia afecta a más de 70 edificaciones, la Universidad del Azuay, la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y la Av. 24 de mayo (MTOPE, 2011).

El presente estudio de caso denominado “Experiencias y Metodologías del Macro Deslizamiento de Turi-Totoras en el sector San Isidro de la parroquia Turi, cantón Cuenca, provincia del Azuay, año 2017”, tuvo como objetivos: analizar los factores condicionantes y desencadenantes que generan susceptibilidad y la amenaza de deslizamiento, identificar las medidas de mitigación implementadas y establecer recomendaciones que contribuyan a la reducción de la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

A partir de estudios e información secundaria disponible a nivel local, complementada con visitas de campo, a través de la metodología de Mora-Varhson, mediante lineamientos de la Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR, s/f.), Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero y Metalúrgico (INIGEMM, 2012), y diversos autores, se generó mapa de susceptibilidad y amenaza de deslizamiento del área de estudio a escala 1: 5000. Cabe indicar que la interpolación de los factores condicionantes (geología-litología, geomorfología, pendientes, hidrogeología y uso de suelo), se lo realizó mediante un software SIG, que dio como producto un mapa de zonas con niveles de susceptibilidad bajo, medio y alto; seguidamente a los factores condicionantes se les interpoló los factores desencadenantes (sismicidad y precipitación), lo que permitió elaborar el mapa de amenaza a deslizamiento,

representa zonas con nivel medio y alto; se debe mencionar que la modelación del mapa de amenaza, muestran una similitud aproximada en el área de afectación estudiada.

En cuanto, a las medidas de mitigación implementadas en el área de estudio, se sistematizó información secundaria disponible desde 1999 hasta el 2011, donde se evidenció la implementación de medidas estructurales, no estructurales y ambientales, a través de dos instituciones con competencias: el Ilustre Municipio de Cuenca en ese entonces (1999-2000); y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2002-2011); cabe mencionar que desde el 2011 hasta la presente fecha, no se cuenta con información sistematizada, debido a que el MTOP continua ejecutando obras de mitigación.

El presente documento consta de cinco capítulos: el primero se refiere a la introducción, mismo que contiene la justificación, limitantes, problema y los objetivos (general y específicos); el segundo capítulo, se presenta el marco teórico, donde se encuentra el marco territorial y las bases teóricas; en el tercer capítulo, describe el marco metodológico; el cuarto capítulo enmarca los resultados alcanzados por objetivo; y por último, el quinto capítulo contiene las conclusiones, recomendaciones y lecciones aprendidas del presente trabajo de titulación; finalmente, se incluye la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Uno de los mayores problemas para Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) y los actores en general, es la incertidumbre producida por los movimientos en masa, los cuales al materializarse generan cuantiosas pérdidas económicas y humanas, concurriendo en “uno de los procesos geológicos más destructivos” (Suarez Días, 1998, pág. 1) en el país, limitando el desarrollo local.

El crecimiento de la ciudad de Cuenca y sus alrededores manifestó la imperiosa necesidad de construir un paso lateral que permita mejorar la movilidad y conectividad hacia cantones de norte y sur del país, produciendo transformaciones antrópicas en el relieve topográfico, lo que alteró los causas hídricas naturales, haciendo que se produzcan cambios en las propiedades y características de los materiales del suelo, acelerando los procesos de meteorización, erosión y el aumento de la presión en la masa por acumulación de agua y actividad antrópica, que sería las causas probables que provocó el deslizamiento en el sector de San Isidro de la parroquia Turi.

Las condiciones para que se dé un movimiento en masa son múltiples y depende de las características intrínsecas (condicionantes) de sus elementos, los cuales al interactuar con agentes exógenos (desencadenantes) presentes en el ambiente o debido a acciones antrópicas, pueden modificar su comportamiento natural, generando un desequilibrio en la estructura del suelo; este tipo de fenómeno presenta características y manifestaciones predisuestas (geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, etc.) que deben ser estudiadas y observadas de manera individual y colectiva.

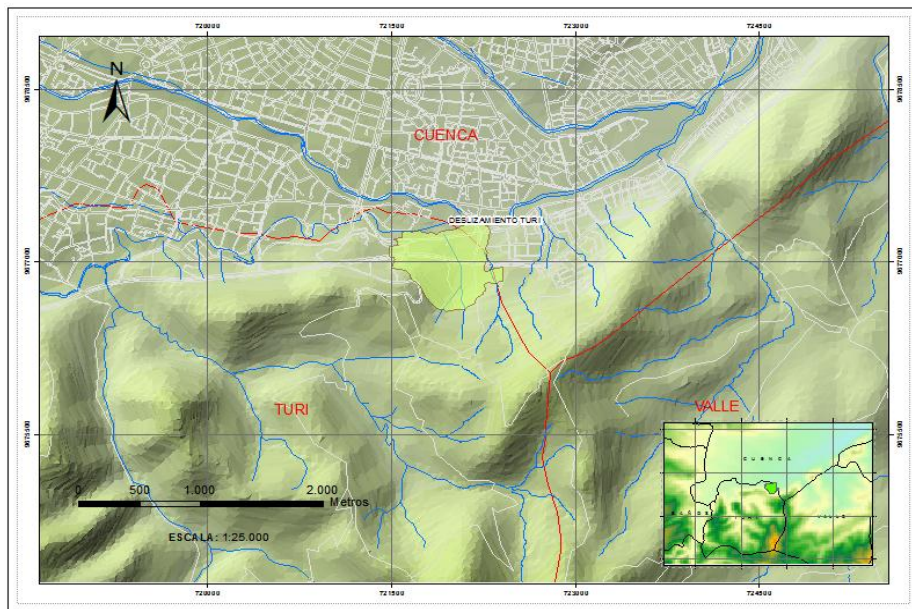
Aun no se puede determinar con exactitud los cambios que sufren los materiales que componen el suelo, debido a que los procesos de transformación

(glaciación, meteorización, erosión, etc.) y propiedades iniciales (permeabilidad, plasticidad, resistencia al corte, forma y estructura, etc.) de su composición, están predispuestos a factores que intervienen en la inestabilidad y colapso de su génesis.

El presente estudio busca entender cuáles fueron las causas (factores condicionantes y desencadenantes) que activaron el deslizamiento, donde examinaremos los elementos (geología-litología, geomorfología, hidrogeología, pendiente, uso de suelo, precipitación y sismicidad) presentes en el área de estudio con el objetivo de establecer pautas para la toma de decisiones ante eventos adversos como se suscita en el tramo de abscisas 4+150 y 4+480 de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián.

Los factores condicionantes y desencadenantes que activaron el deslizamiento de Turi, se lo interpreta a través del modelamiento Mora-Vahrson con los datos e información existente; además de confluir en el comportamiento de los materiales estudiados y analizados, mismos que presentan manifestaciones en zonas parecidas; ayudados con la metodología utilizada en casos de materiales de suelos residuales y heterogéneos, se busca evitar que se generen eventos destructivos como el estudiado, causando daños y pérdidas en obras civiles, infraestructura, vías, redes básicas y vitales.

Mapa 1.1 Ubicación del área de estudio respecto a la parroquia Turi.



Fuente: (Basade R., 1998). Elaborado: Pesantez, 2017.

1.2 Limitantes

Resultó difícil establecer la participación de actores involucrados en forma directos e indirecta, en los trabajos relacionados con la evaluación e intervención para la reducción de riesgo de deslizamiento en el área de estudio; se puede considerar que fue el principal limitante del proyecto.

El no contar con información histórica secundaria sistematizada, debido a inconvenientes entre las instituciones sobre competencias, las instituciones evadieron responsabilidad, no se dió fácil acceso a requerimientos planteados.

El alto costo de proyectos técnicos requieren diverso financiamiento, lo que dificulta muchas veces realizar estudios complementarios (geofísicos y geotécnicos), que son importantes para un análisis detallado.

1.3 Problema

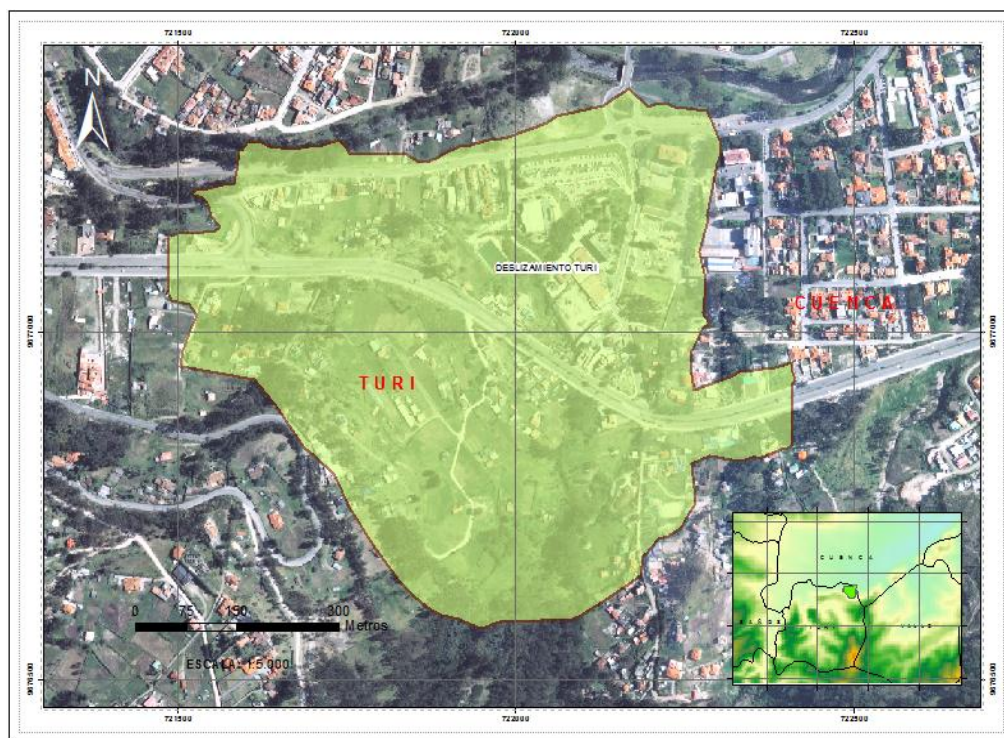
1.3.1 Planteamiento del Problema

En la parroquia Turi se presentó un macro deslizamiento con un área aproximada de 21 ha, que se aceleró desde 1998, mismo que afectó

aproximadamente a 70 Viviendas; parte de la infraestructura de la Universidad del Azuay que se encuentra en el pie del deslizamiento; parte de la Av. 24 de Mayo y el tramo de abscisas 4+150 y 4+480 de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián a la altura del kilómetro 4, del tramo I.

Se puede establecer que las causas para la aceleración del deslizamiento fueron diversas, por lo que es difícil delimitar una razón específica. El coluvión (geo forma donde se asienta el deslizamiento) durante muchos años soportó niveles altos de meteorización, mismos que por propiedades minerales intrínsecas acrecentaron las partículas de arcilla, haciendo que el suelo del terreno alcance altos grados de plasticidad, condición inversa a la impermeabilidad, lo que produjo una retención prolongada de agua e incremento del nivel freático, consecuentemente se amplía la humedad del suelo. En el año 1997 y 1998, los niveles pluviométricos en la zona aumentaron como consecuencia de un periodo invernal fuerte (fenómeno del niño) que fue considerado el de mayor impacto en el Ecuador, lo que posiblemente aumentó el nivel freático del suelo. Por otro lado la ciudad de Cuenca entraba a una etapa de crecimiento, se expandían los asentamientos, generando alteraciones a los relieves topográficos de áreas rurales, se generaban construcción de obras en pro del desarrollo, empezaba a modificarse el paisaje, realizando modificaciones en los terrenos como excavaciones, rellenos, cortes en talud, etc. La construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián se materializaba, pero se requería de moldear la superficie del terreno, incidiendo en la estabilidad en la parte baja de la ladera (ver mapa 1.2).

Mapa 1.2 Delimitación del área de estudio "Deslizamiento Turi".



Fuente: IGM, 2007. Elaborado: Pesantez, 2017.

1.3.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los factores que incidieron en la activación del macro deslizamiento y qué medidas de mitigación se han implementado en el sector de San Isidro de la parroquia Turi, Cantón Cuenca, desde 1998 hasta el 2017?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Identificar los factores condicionantes y desencadenantes que activaron el deslizamiento y las medidas de mitigación implementadas en el sector de San Isidro de la parroquia Turi desde el año 1998 hasta el 2017.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los factores que activaron el macro deslizamiento en el sector de San Isidro de la Parroquia Turi.

- Identificar experiencias y medidas de mitigación implementadas por las instituciones competentes para la estabilización del deslizamiento en la zona de estudio.
- Establecer medidas generales para la reducción de la amenaza de deslizamiento en el área estudio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TERRITORIAL

2.1.1 Contextualización del Área de Estudio de Caso

2.1.1.1 Generalidades del Cantón Cuenca y Parroquia Turi

a) Cantón Cuenca

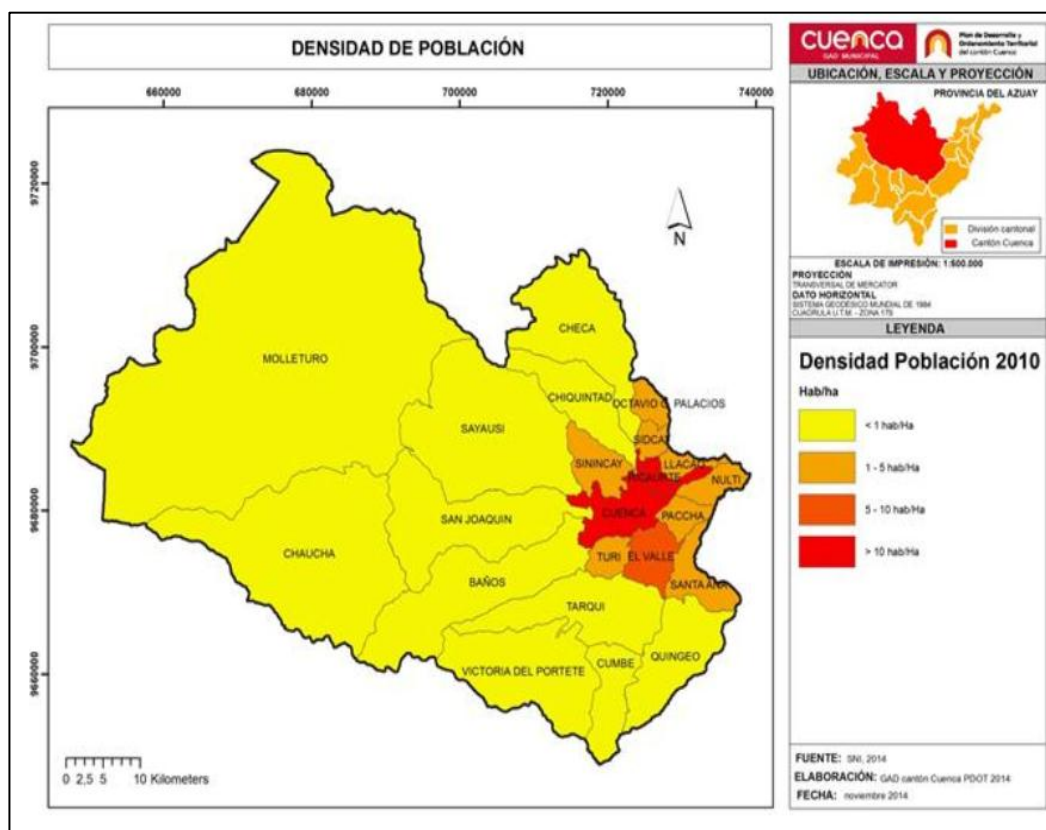
El cantón Cuenca, geográficamente se encuentra ubicado al sur del país en la provincia del Azuay, con un área de 3.665,32 km²; el perfil topográfico es característico por las formaciones de la cordillera occidental y el valle interandino de los Andes, atractivo que se refleja en su periferia con altitudes que bordean de 20 m.s.n.m. hasta los 4.560 m.s.n.m.

La Ciudad de Cuenca, llamada Santa Ana de los Cuarto Ríos, fue fundada el 12 de abril de 1557; y su independencia se celebra el 03 de noviembre de 1820.

La población según el último censo por el Instituto Nacional de Estadísticas y censos INEC del año 2010, cuenta con 505.585 habitantes, de los cuales el 66% se encuentra en la zona urbana y el 34% restante se distribuye en 21 parroquias rurales del cantón (Ver figura 3), donde se demarca la distribución política del cantón Cuenca:

- Ricaurte
- Sinincay
- El Valle
- Turi
- Llacao
- Paccha
- Sidcay
- Nulti
- Santa Ana
- Octavio Cordero Palacios
- Cumbe
- Tarqui
- Quingeo
- Chiquintad
- Checa
- Baños
- San Joaquín
- Victoria del Portete
- Sayausí
- Molleturo
- Chaucha

Figura 2.1 Mapa político del cantón Cuenca



. Fuente: (Lcdo. Barzallo Guaraca, y otros, 2015) PDOT Cuenca, 2014.

b) Parroquia Rural Turi

La parroquia Turi, se encuentra ubicada al sur este del cantón Cuenca, por su relieve topográfico, es considerado un elemento fundamental del turismo, ya que desde este sitio se divisa gran parte de la ciudad de Cuenca, utilizándolo como mirador, donde gran cantidad de turistas y gente de localidades cercanas lo visitan; se parroquializó el 05 de febrero de 1853; sus rangos altitudinales comprenden desde los 2555 m.s.n.m. hasta los 3035 m.s.n.m.; tiene una extensión de 2.427,68 ha y limita al norte con la ciudad de Cuenca; al sur con la Parroquia rural de Tarqui; al este la parroquia rural El Valle y al oeste con la Parroquia rural Baños (Quezada Poma, Cueva Masache, Aguilar Ramirez, & Valencia Celi, 2015).

La población basa su economía principalmente en el turismo y actividades relacionadas; además, de actividades de construcción, comercio, artesanía; de

acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del año 2010, la parroquia cuenta con 8.694 habitantes y según las proyecciones demográficas al año 2015, la población será de 10.096 habitantes (Quezada Poma, Cueva Masache, Aguilar Ramirez, & Valencia Celi, 2015).

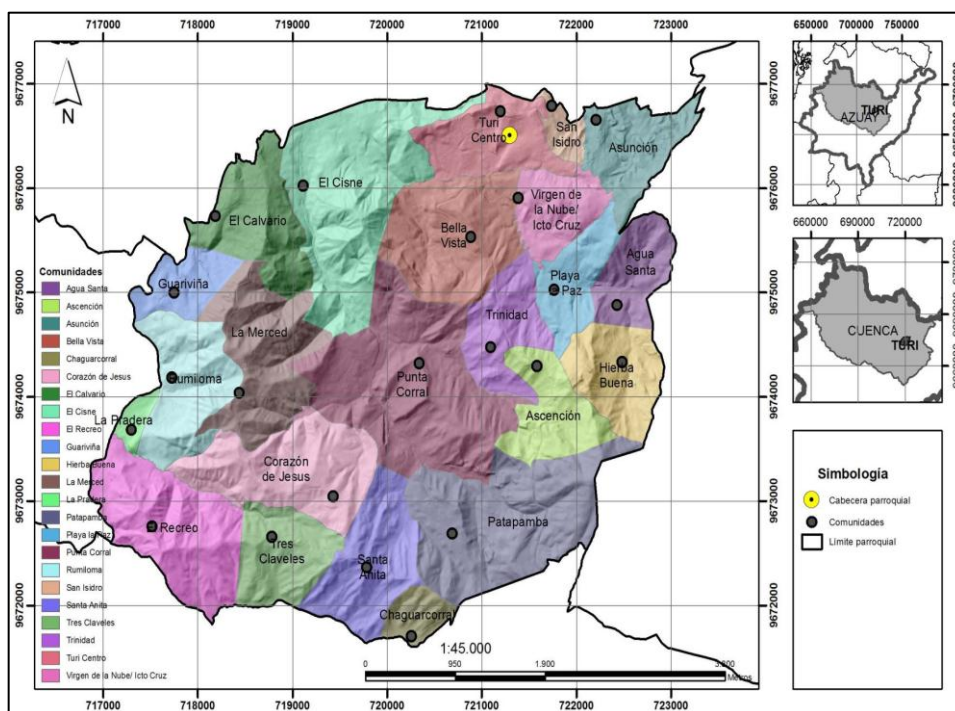
El clima dela parroquia está clasificado como meso térmico semi-húmedo y oscila entre temperaturas que van desde los 12° C hasta los 22°C.

La parroquia Turi, se encuentra políticamente dividido por 23 comunidades que a continuación detallaremos:

- Agua Santa
- Ascensión
- Asunción
- Bellavista
- Corazón de Jesús
- Chaguarcorral
- El Calvario
- El Cisne
- El Recreo
- Guariviña
- Hierva Buena
- La Merced
- La Pradera
- Pata Pamba
- Playa la Paz
- Punta Corral
- Rumi Loma
- San Isidro
- Santa Anita
- Tres Claveles
- Trinidad
- Turi Centro
- Virgen de la Nube/Icto Cruz

Cuenta con áreas protectoras de bosque y vegetación que como otras parroquias aledañas a Cuenca presenta un urbanismo descontrolado, alterando las áreas verdes, ocasionando problemas de deslizamientos (Quezada Poma, Cueva Masache, Aguilar Ramirez, & Valencia Celi, 2015, págs. 24-33).

Figura 2.2 Mapa Político de la parroquia Turi.



Fuente: (Quezada Poma, Cueva Masache, Aguilar Ramirez, & Valencia Celi, 2015)

2.1.1.2 Breve Descripción del área de afectación del deslizamiento en el sector San Isidro de la Parroquia Turi

La zona objeto de estudio, se encuentra en la parte nor-oeste de la cabecera de la parroquia Turi, de coordenadas geográficas UTM WGS 84: X 721960; Y 9677005; en el sector o barrio denominado San Isidro con un área aproximada de 21 ha; se halla en la parte septentrional que comprende las lomas de Turi e Icto Cruz; este deslizamiento se lo denomina como Turi Totoras, mismo que se activó a partir del año 1998 con la construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián, que por sus condiciones litológicas heterogéneas presentes y a aspectos detonantes tanto naturales como antrópicos, ha presentado un comportamiento distinto a la hora de definir el tipo de deslizamiento, haciendo que las acciones de mitigación tomadas hasta la fecha no logren detener en un ciento por ciento el movimiento.

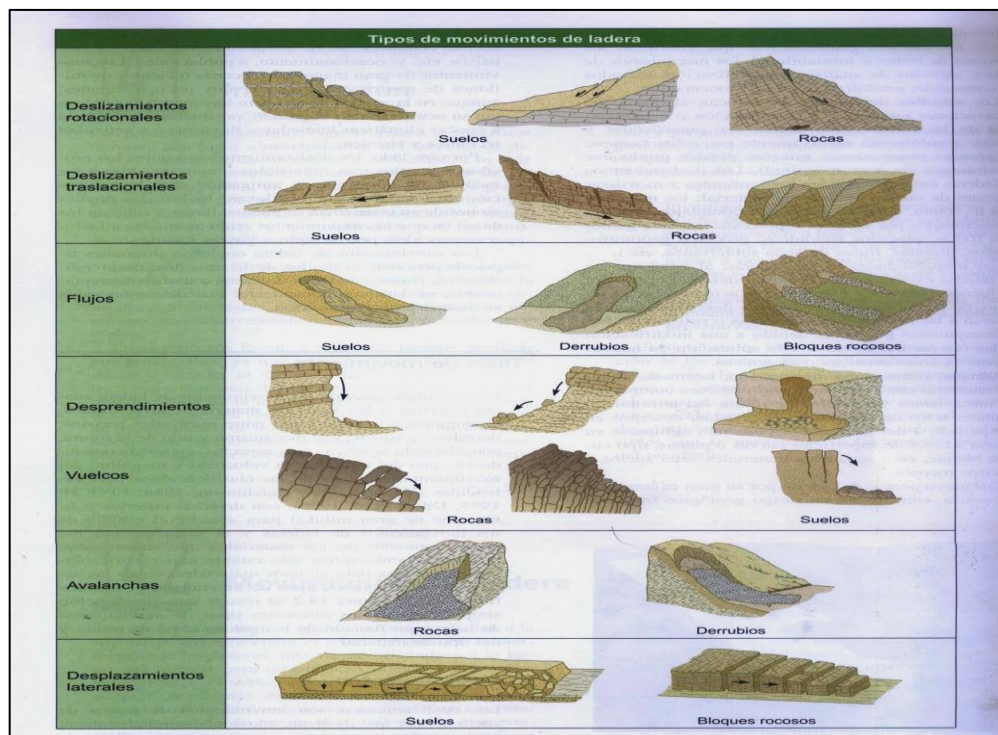
2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Conceptos y Clasificación de Movimientos en Masa

Los movimientos en masa, son procesos geológicos gravitatorios, característicos de zonas con pendiente; el material que puede ser roca o suelo, debido a elementos internos y externos, se desliza sobre una superficie denominada plano de falla o superficie de ruptura con movimientos de diversas características, velocidad, magnitud e intensidad (Suarez Días, 1998).

Las áreas que presentan mayor susceptibilidad a movimientos de masa tienen que ver con zonas de montañas escarpadas, por sus condiciones climatológicas, hidrológicas y químicas, los materiales (suelo o roca) sufren procesos erosivos y de meteorización intensos. Lo que conlleva a distintos tipos de movimientos como son: deslizamientos, desprendimientos, flujos y coladas de detritos o derrubios, reptaciones, avalanchas, etc. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

Figura 2.3 Tipos de movimientos de masa.



Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

a) Deslizamientos

Los deslizamientos son procesos geotécnicos activos que se producen cuando una masa coherente de suelo o roca de gran resistencia y cohesión que conforma un talud o ladera se desplaza a lo largo de una pendiente, moderada o fuerte, como consecuencia de la pérdida de la resistencia y por acción de la gravedad, se mueven pendiente abajo, de forma rápida o lenta, la saturación aporta con el aumento de peso en masa estable o remanente (Guevara Ortiz, Quaas Weppen, Fernández Villagómez , & etc., 2004); la ruptura se presenta con respecto a uno o varios planos de falla, pudiendo ser este plano curva o plana; este se desprende a causa del aumento de la presión en los poros y pérdida de la cohesión del material litostático.

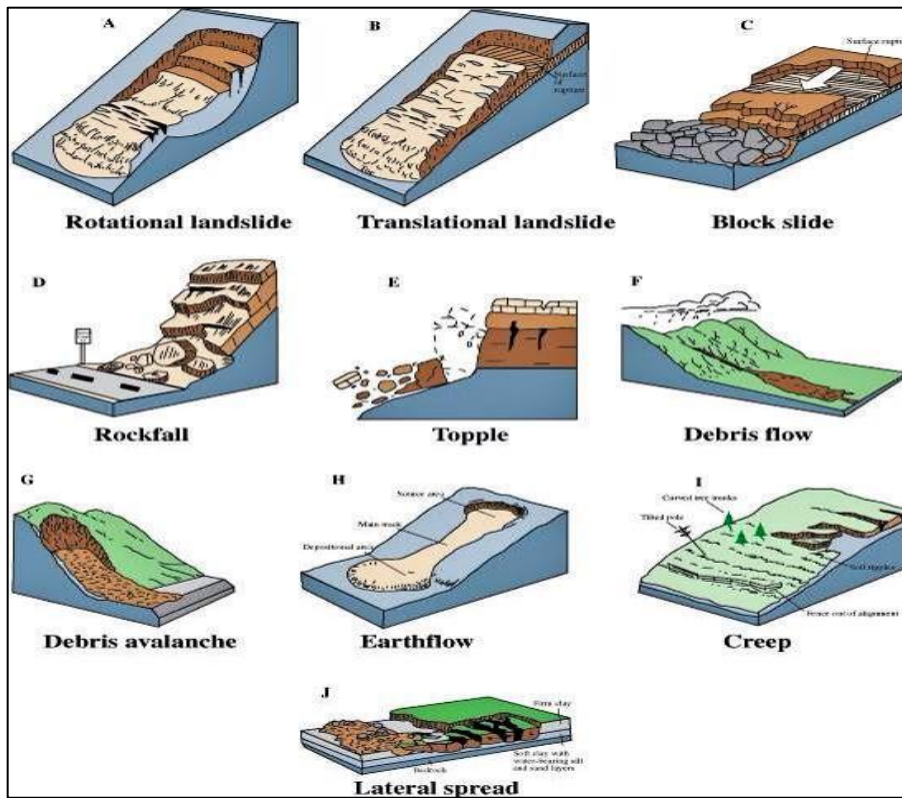
Los deslizamientos se clasifican de acuerdo al movimiento geométrico con el cual se desplaza la masa y a su nivel de complejidad, siendo complejo o compuesto.

Ciertos fragmentos de talud o ladera realizan movimientos contra la pendiente y viceversa, lo que distingue al movimiento y clasificándolos en dos tipos; rotacional y traslacional o planar; otra peculiaridad y clasificación es por su profundidad denominándolos superficiales y/o profundos (Suarez Días, 1998), (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Al producirse un deslizamiento, este puede ser progresivo, pudiendo seccionarse y no ser continuo a lo largo de la superficie de falla, como es el caso de los coluviones, dando lugar a gran cantidad de derrubios como consecuencia del alto grado de saturación de agua; también pueden establecerse varias unidades o masas semi-independientes. (Suarez Días, 1998).

Estos desplazamientos de masa se los clasifica según la forma y trayectoria del movimiento, determinando en tres tipos de deslizamientos; rotacionales, traslacionales o planares y compuestos o mixtos (ver figura 2.4); otro parámetro es la profundidad de estos siendo superficiales y profundo.

Figura 2.4 Tipos de deslizamientos.



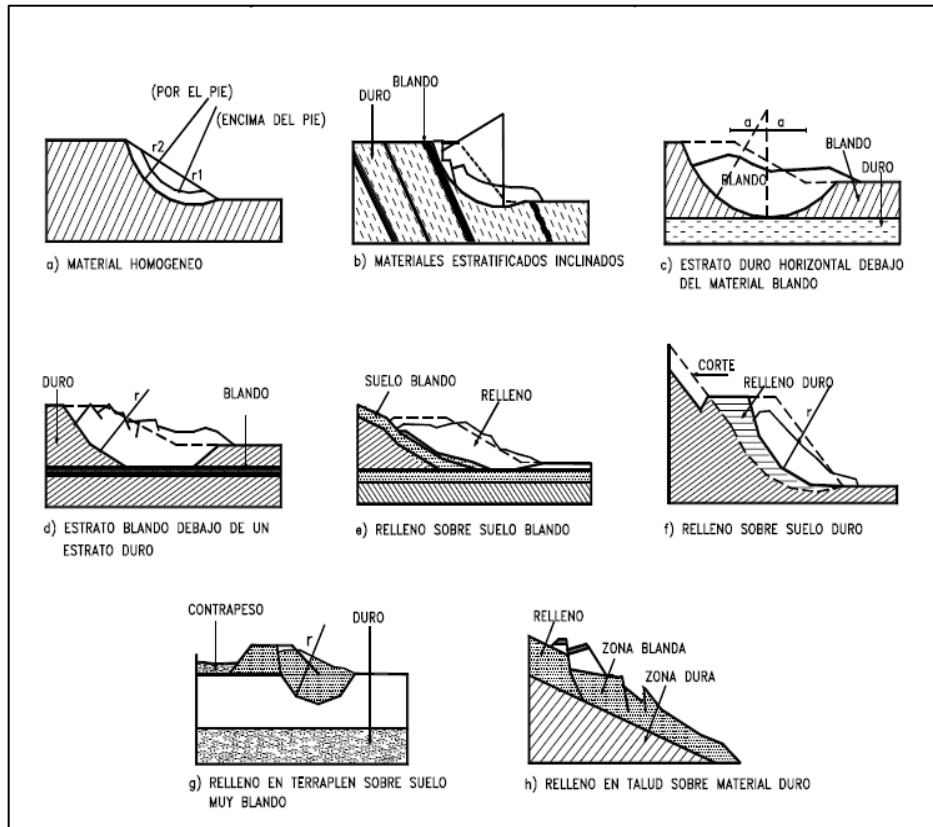
Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002)

a.1 Deslizamientos Rotacionales

Este tipo de deslizamientos ocurren con frecuencia en suelos cohesivos homogéneos, cuya superficie de falla tiene una forma cóncava que se asemeja a una cuchara, el escarpe que se forma en la corona del deslizamiento semeja semi verticalidad, permitiendo movimientos de retrogresión; como se aprecia en la Fig. 2.5 la cualidad del movimiento curvilíneo, se debe a los materiales residuales presentes en el suelo, mismos que con la profundidad aumenta su resistencia al corte. (Suarez Días, 1998),

La superficie de ruptura se ve afectada por las discontinuidades, planos de estratificación y juntas presentes en el interior del suelo, que influyen en la forma y colocación del material en la superficie; además en ocasiones se forman escarpes secundarios continuos, que aparentan deslizamientos rotacionales autónomos. (Suarez Días, 1998)

Figura 2.5 Tipos de Deslizamientos según su estructura.

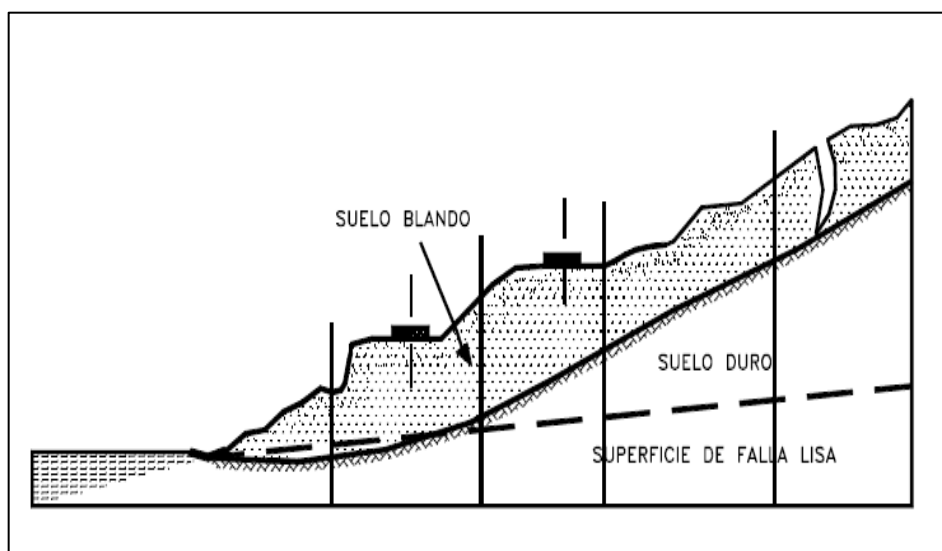


Fuente: (Suarez Días, 1998)

a.2 Deslizamientos Traslacionales o Planares

En este tipo de deslizamientos, la superficie de falla o ruptura, se parece a una extensión plana o ligeramente ondulada de terreno por lo que la velocidad del traslado es mayor, como consecuencia no presenta condiciones de volteo de los derrubios; en ocasiones el plano de ruptura se origina por encontrarse entre estratos una fina capa de material arcilloso, originando debilidad existente; la diferencia de este movimiento al del deslizamiento rotacional es que no se detiene y puede desplazarse hacia abajo continuamente; en la mayoría de estos movimientos la masa se altera y quiebra y con el aumento del nivel de saturación de agua este converge en flujo. (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Figura 2.6 Deslizamiento traslacional o planar.



Fuente: (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002)

a.3 Deslizamientos compuestos o mixtos

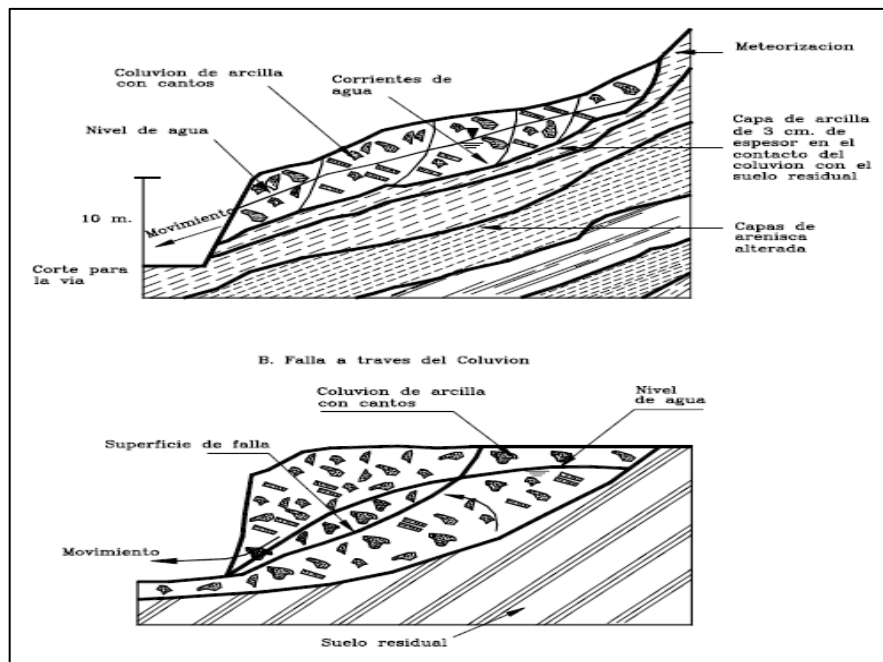
La masa desplazada, no siempre presenta movimientos uniformes planares o rotacionales, sino que en su recorrido, por características del plano de deslizamiento o superficie de falla, estos se mezclan haciendo difícil determinar qué tipo de movimiento presente; es común que en este tipo de deslizamiento existan hundimientos y extensiones laterales de material (Suarez Días, 1998).

a.4 Coluvión

Se forman a consecuencia de suelos transportados de masa incoherente compuestos de suelo suelto y heterogéneo, depositados al pie de la colina o ladera como consecuencia de reptación, desplazamiento o lavado por fuertes hídricas; son mezcla de fragmentos angulares y material fino a grueso, sus materiales son altamente susceptibles a deslizamientos, en suelos residuales por lo general se encuentra debajo de coluviones con espesores variados de centímetros a metros; al asentarse generalmente forman áreas topográficas onduladas con poco inclinación. Es usual que al alterar su estructura a causa de cortes por obras ingenieriles, este desencadene en deslizamientos. El material

presente varía desde roca descompuesta alterada o meteorizada que comprende masa de material fino a conglomerados de bloque sin matriz o con solo algunos bloques; habitualmente los cauces de agua presentes en los coluviones recorren la interface entre el material de base y el coluvión; para poder distinguir entre un coluvión seco y uno saturado se debe identificar el tipo de material que constituye su base, siendo arcilloso el causante del aumento del nivel freático, este se encuentra en equilibrio límite por lo que cualquier alteración o remoción activaría un movimiento. Se tiene experiencias que la superficie de falla de un deslizamiento tiene que ver con el contacto entre coluvión roca o coluvión suelo residual y su comportamiento es parecido al de un suelo residual (Suarez Días, 1998).

Figura 2.7 Tipos de fallas en coluviones.



Fuente: (Suarez Días, 1998).

a.5 Geomorfología

La geomorfología está relacionada con el comportamiento que tiene el suelo al sufrir un movimiento como deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de roca, aluviones, coluviones, etc. que por efecto de la gravedad y elementos que

los mueven o transportan generan o confluyen en una forma determinada característica que permite identificar la geo forma del material depositado (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

2.2.3 Componentes que afectan la Inestabilidad del Terreno

Varios autores con fines de estudio estipulan dos componentes que afectan la estabilidad del terreno en internos, mismos que manifiestan los tipos de deslizamiento, mecanismos del movimiento, desplazamiento y ruta, con condiciones y características particulares que dependen intrínsecamente del material presente así como de la forma del terreno explícitas por los componentes litológicos como textura, porosidad, cementación, permeabilidad, plasticidad, etc.; y estructura determinado por sistemas de diaclasmiento, fallas fracturas, etc.; además de la morfología del terreno condicionado por la pendiente, y la disposición a factores de orientación y discontinuidades. Otros aspectos que son relevantes son el clima presente que interactúa con el suelo mismo que influye en la humedad y temperatura ambiente así como el tipo de vegetación que contiene la zona. Los siguientes son los componentes externos, estos al relacionarse con el material del suelo originan alteraciones y modificaciones que producen desequilibrio, dando lugar a movimientos del terreno; se establecen como agentes desencadenantes la precipitación, sismicidad y actividad antrópica (Suarez Días, 1998).

Figura 2.8 Fases de desarrollo de un deslizamiento.

FASE	DESARROLLO DEL MOVIMIENTO	ACTIVIDAD	DAÑOS PRODUCIDOS Y POTENCIALES
PREPARATORIA O INCIPIENTE	Poco apreciable: cambios en manantiales, abombamientos locales, grietas dispersas, grietas de tracción en cabecera. <i>Puede durar mucho tiempo.</i>	Activo, velocidad variable, intermitente a permanente. Puede permanecer inactivo largo tiempo hasta nueva activación.	Distribución lineal de daños a estructuradas situadas sobre trazas de grietas o abombamientos. Potencial muy alto: según magnitud de la masa a movilizar y la trayectoria.
INICIO	Apreciable: abombamientos; ruidos discontinuos, cambios topográficos, grietas de tracción en cabecera, trazas de escarpes; hundimientos, cabeceos suaves. <i>Duración, progresión y continuidad variables.</i>	Activo, velocidad variable, intermitente a permanente. Puede permanecer inactivo largo tiempo hasta nueva activación.	Distribución de áreas de daños en la masa que se sitúa alrededor de las grietas y abombamientos, incluyendo el frente. Potencial alto: según magnitud de la masa a movilizar y la extensión de la trayectoria.
DESARROLLO	Despliegue del escarpe, delimitación de la masa que desborda la base del plano de rotura; aparición de escarpes menores, hundimientos y cabeceo en cabecera, levantamiento en el frente. Avance de la masa ladera abajo. <i>Puede detenerse en cualquier momento. Duración variable.</i>	Activo, velocidad variable, intermitente a permanente. Puede permanecer inactivo largo tiempo hasta nueva activación.	Se extiende a toda la masa movilizada y a las zonas situadas bajo el frente y en la trayectoria que la masa ha recorrido. Potencial medio: la trayectoria restante y la zona de remonte posible.
AVANZADO	Desarrollo del escarpe principal y de los escarpes menores. Acumulación de la masa en la base de la ladera. Despliegue de bloques menores. Remonte del escarpe principal ladera arriba si es posible.	Activo, velocidad variable, intermitente a permanente. Puede permanecer inactivo largo tiempo hasta nueva activación.	Se extiende aún más según progresa la deformación de la masa, se amplía la zona de ruptura ladera arriba y se extiende la zona de desplazamiento de la masa. Potencial bajo: la mayor parte de los daños se han producido.
AGOTAMIENTO	Acumulación de la masa en el pie de la ladera y nueva pendiente media del perfil. Escarpe principal en divisoria o sin posibilidad de remontar. Derrumbes de bloques menores. Inestabilidades locales. Estabilización parcial salvo excavaciones.	Poco activo, velocidad variable, intermitente a permanente. Puede permanecer inactivo largo tiempo hasta su fosilización o estabilización definitiva o hasta nueva activación por acción erosiva, recargas, desmontes o terremotos importantes.	Los daños de han producido en toda la extensión de la masa y el potencial de daños es mínimo. Posibles daños locales a transeúntes por reajustes de masas.

Fuente: (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002)

a) Arcillas

Su composición se debe principalmente de hidróxido de aluminio micro cristalinos que forman capas de **silicatos**, compuestos de partículas laminares o capas estructurales. Las arcillas que se encuentran comúnmente son las caolinitas, illitas y motmorillonitas, su comportamiento de inestabilidad a la saturación de agua se atribuye a la capacidad del intercambio catiónico, siendo más inestable a mayor intercambio catiónico. Las motmorillonitas o bentonita poseen la capacidad de absorber gran cantidad de agua, lo cual influye en el comportamiento del suelo, considerándolas como arcillas con una relación expansión - plasticidad alta e inversamente proporcional a su resistencia al corte (Suarez Días, 1998).

Figura 2.9 Capacidad de intercambio catiónico de una arcilla.

Arcilla	Capacidad de intercambio catiónico en miliequivalentes por cien gramos
Caolinita	3-15
Aloisita - 2H ₂ O	5-10
Aloisita - 4 H ₂ O	10-40
Illita	10-40
Montmorillonita	8-150

Fuente: (Suarez Días, 1998).

b) Lutitas o Arcillolitas

Las Lutitas provenientes de rocas sedimentarias con gran cantidad de arcilla, corresponden al grupo de las limolitas, arcillolitas y lodolitas; por sus características y propiedades son las más complejas en la estabilidad del suelo, ya que se encuentran ligadas al grado de solidificación para mantener su estructura. Al tener contacto con el agua las lutitas, experimentan descomposición o disgregación en los ciclos de humedecimiento y secado, su resistencia al corte es baja a media que depende del tipo y tamaño de grano de sus partículas, clasificándose en arcillosas, limosas y arenosas o calcáreas. Por una parte, las arcillolitas por su gran cantidad de arcilla y las lodolitas de color negro por su contenido de carbón y sulfuro de hierro con partículas finas, tiene susceptibilidad alta la inestabilidad del suelo y consecuentemente originan deslizamientos (Suarez Días, 1998).

c) Lito Estructura

Investigadores clasifican el comportamiento litológico-estructural como elemento de estudio importante a la susceptibilidad y resistencia de acuerdo a los materiales presentes que componen el terreno. A continuación denotaremos los que se consideran dentro de la zona de estudio:

c.1 Roca Compuesta

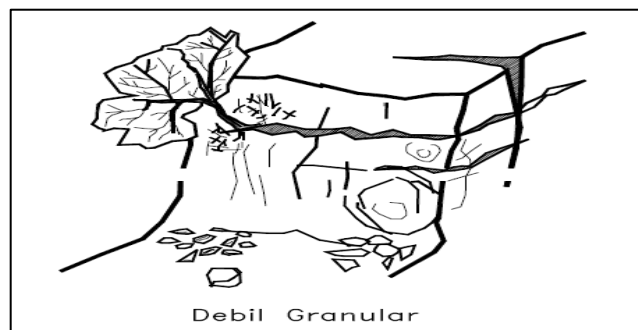
Se encuentran materiales con estratos duros intercalados de material blando, rocas columpiadas con intrusiones ígneas. Son mayormente susceptibles a la

meteorización diferenciada que ocasiona la inestabilidad y caída de los bloques de gran tamaño (Suarez Días, 1998).

c.2 Roca Débil Granular

Son materiales compuestos principalmente de areniscas friables, arcillolita, arenisca o conglomerado con presencia en las uniones de yeso, arcilla, margas y calizas débiles a consecuencia de la intrusión de estos por fracturamiento superficial. Debido a la meteorización, el cual genera láminas, se producen debilitamiento, caída y lavado de granos y consecuentemente permite la inestabilidad de los bloques de mayor tamaño con un nivel alto de susceptibilidad (Suarez Días, 1998).

Figura 2.10 Roca débil granular.



Fuente: (Suarez Días, 1998)

d) Estratificación

Los materiales que a lo largo del tiempo se fueron asentando y depositando por procesos erosivos y de meteorización, forman uniones o contactos de nuevas rocas muchas veces heterogéneas; en las rocas sedimentarias es habitual ver residuos de areniscas que se encuentran alternados con lutitas (Suarez Días, 1998).

2.2.4 Inestabilidad en coluviones

Por sus peculiaridades características como son: forma, pendiente, tipo de material, etc.; los coluviones están propensos a sufrir deslizamientos,

ocasionando daños y pérdidas cuantiosas; al producirse un fallamiento dentro de un coluvión, se distinguen dos comportamientos definidos que detallamos a continuación:

En su primera fase se identifica un deslizamiento de tipo rotacional o translacional a una profundidad que por lo general está ligada al cambio de estrato o material debajo del coluvión; para luego en su segunda fase producirse un flujo de masa ya removida, generando un escarpe en la corona del desplazamiento de la primera fase; el flujo de la segunda fase, se desplaza a lo largo de la superficie del material deslizado varios metros hasta asentarse nuevamente al perder las condiciones de transporte. Por su cohesión baja, los materiales poco consolidados que poseen un nivel freático alto, son susceptibles a deslizamiento y pueden sufrir fenómenos de licuefacción ante un movimiento telúrico. En zonas andinas los coluviones son producto de procesos de glaciación, que desplazaron gran cantidad de masas depositados en las faldas o bases de macizos rocosos geomórficamente típicos (Suarez Días, 1998).

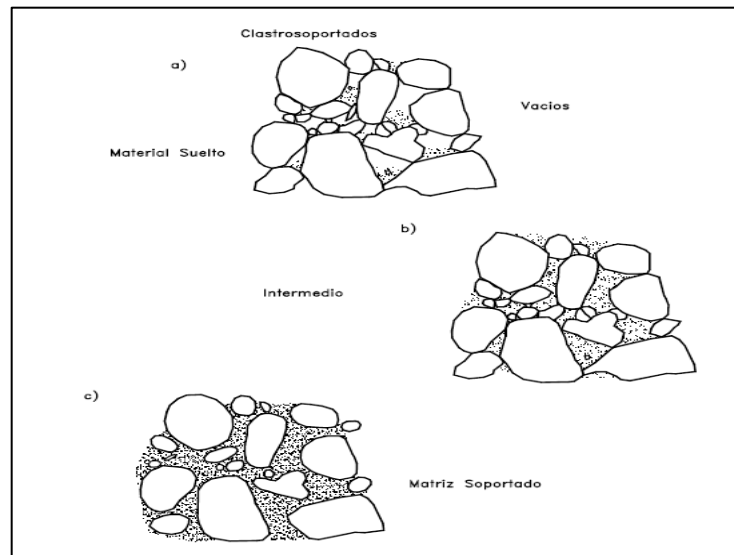
a) Tipo de Material del Coluvión

Las partículas del material que se encuentra en un coluvión se degradan con la profundidad, está a su vez al interactuar con sistemas acuáticos y minero lógicos a consecuencia de la meteorización, alteran la estabilidad del suelo perdiendo la resistencia al corte. Los coluviones de suelos granulares y de suelos arcillosos tienen un comportamiento desigual (Suarez Días, 1998).

b) Estructura de Soporte del coluvión

Se puede catalogar la forma de la estructura de un suelo en fábrica de clastos soportados o matriz de soportados, mismos que se encargan o condicionan la resistencia al corte, siendo los primeros los de mayor estabilidad (Suarez Días, 1998).

Figura 2.11 Estructura de soporte en un coluvión.



Fuente: (Suarez Días, 1998)

c) Contenido de Arcilla, Humedad y Límite Líquido

La cantidad de arcilla en el suelo de un coluvión genera cambios en los materiales y se comporta distinto ante agentes externos, haciéndolos de mayor cohesión y espesor a la vez, presentan permeabilidades bajas y alta porosidad. Al infiltrarse agua en un coluvión que presenya gran cantidad de arcilla, esta absorbe el agua aumentando su límite líquido, manteniendo la humedad por largo tiempo haciéndolo que de deslice al encontrarse con un material distinto, produciendo flujos de lodo (Suarez Días, 1998). En la figura 2.12 se describen propiedades particulares de suelos arcillosos.

d) Propiedades de Índice de los suelos

Establecer los índices del suelo es determinante en la comprensión y delimitación de parámetros goemecánicos importantes para su evaluación, estos son: porosidad, densidad, grado de humedad, relación de vacíos, gravedad específica (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Figura 2.12 Características, relaciones y valores de la arcilla.

Material	Compacidad	Densidad Relativa	N (SPT)	γ_{seca} (g/cm ³)	Relación de vacíos	Ángulo de fricción interna
GW: gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	90	2.21	0.22	40°
	Media	50%	55	2.08	0.28	36°
	Suelta	25%	< 28	1.97	0.36	32°
GP: gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	70	2.04	0.33	38°
	Media	50%	50	1.92	0.39	35°
	Suelta	25%	< 20	1.83	0.47	32°
SW: arenas bien graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	65	1.89	0.43	37°
	Media	50%	35	1.79	0.49	34°
	Suelta	25%	< 15	1.70	0.57	30°
SP: arenas mal graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	50	1.76	0.52	36°
	Media	50%	30	1.67	0.60	33°
	Suelta	25%	< 10	1.59	0.65	29°
SM: arenas limosas	Densa	75%	45	1.65	0.62	35°
	Media	50%	25	1.55	0.74	32°
	Suelta	25%	< 8	1.49	0.80	29°
ML: limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75%	35	1.49	0.80	33°
	Media	50%	20	1.41	0.90	31°
	Suelta	25%	< 4	1.35	1.00	27°

donde: γ seca: peso unitario seco

Fuente: (Suarez Días, 1998)

e) Mecánica de suelos

La mecánica de suelos determina las propiedades que caracterizan el comportamiento de un suelo en función de la resistencia al corte, la compresibilidad y la permeabilidad (ver figura 2.13)

Figura 2.13 Coeficiente de permeabilidad en suelos residuales.

Material	Coefficiente de Permeabilidad (cm/seg)
Grava fina a gruesa, limpia	10
Grava fina mal graduada	5
Arena muy gruesa, limpia	3
Arena gruesa, uniforme	0.4
Arena mediana, uniforme	0.1
Arena fina, uniforme	40×10^{-4}
Arena limosa y grava, bien graduada	4×10^{-4}
Arena limosa	1×10^{-4}
Limo uniforme	0.5×10^{-4}
Arcilla arenosa	0.05×10^{-4}
Arcilla limosa	0.01×10^{-4}
Arcilla (30 a 50% de las partículas tamaño arcilla)	0.001×10^{-4}
Arcilla (> 50% de las partículas tamaño arcilla)	1×10^{-9}

Fuente: (Suarez Días, 1998).

2.2.5 Susceptibilidad

La susceptibilidad de un suelo se establece por la propensión o probable ocurrencia de movimiento de masa ante la modificación de un agente externo sea este de origen natural o antrópico, sin que se pueda determinar cuando y donde se materializa el fenómeno, así como tampoco se puede delimitar el área de afectación, tipo de movimiento ni la cantidad de material deslizado (Suarez Días, 1998).

2.2.6 Factores Condicionantes y Desencadenantes en Deslizamientos

La ocurrencia de un movimiento de masa se encuentra vinculado por factores que “modifican las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno” (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002, pág. 629), estos alteran las peculiaridades y estabilidad del talud.

2.2.6.1 Factor Condicionante

Se lo conoce con algunos nombres como: intrínseco, pasivo, condiciones originales, etc., que según el autor lo denomina para establecer una relación con las propiedades y características propias de los materiales que conforman el suelo dentro del área en movimiento (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Este factor comprende las características naturales que relacionan “las propiedades físicas y resistentes de los materiales, directamente con la litología, las características morfológicas y geométricas de la ladera” (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002, pág. 433).

a) Factor Geológico-Litológico

La estructura y textura geológica caracteriza el comportamiento al presentarse un deslizamiento debido a que los materiales del subsuelo conciben múltiples sucesos de transformación a lo largo del tiempo repercutiendo en áreas no delimitadas geológicamente; esta variedad de componentes de suelo presentan

propiedades físico mecánicas que inciden en el comportamiento de un deslizamiento (Suarez Días, 1998).

Las propiedades mecánicas de los materiales del terreno se definen por la resistencia al corte, resistencia a la tracción, y resistencia a la compresión, mismos que al contacto con el entorno natural, geometría y pendiente originan que sus propiedades se alteren, reduciendo el esfuerzo al corte. El proceso de meteorización produce horizontes estratigráficos con profundidades indefinidas, así como discontinuidades que distingue o diferencia los suelos; en estas uniones que presentan diversos rasgos que conllevan a la formación de superficies de falla o planos de ruptura (Guevara Ortiz, Quaa Weppen, Fernández Villagómez , & etc., 2004).

Por la parte litológica se debe clasificar a los suelos y rocas por su génesis o formación geológica.

b) Factor Morfológico

El suelo posee atributos en cada uno de sus horizontes estratigráficos, propiedades como composición, Forma, estructura del suelo, organización del suelo, distribución radicular, poros, consistencia del suelo, etc., mismos que influyen en el comportamiento de cada capa de manera particular.

Los procesos que interactúan desde la superficie hacia el interior originadas por la meteorización como consecuencia de procesos químicos y físicos propios, confluyen en la transformación de suelo o roca homogénea en heterogénea, definiendo cada capa del suelo de manera peculiar y con características específicas (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

c) Factor Geotécnico

El coeficiente geotécnico busca identificar los tipos, características y propiedades de los suelos o roca, mediante estudios y métodos de ensayos geofísicos realizados en el campo con el fin determinar el comportamiento hacia cierto elemento interno o externo presente en el área alterada. Para

caracterizar las acciones que se realizan se delimitan como mecánica de suelos, mecánica de rocas e ingeniería geológica, mismos que son imprescindibles para determinar la conducta de los sustratos del terreno.

Para entender de mejor manera dicho comportamiento, se ha fraccionado la peculiaridad entre suelo y roca, dependiendo del grado de cementación de las partículas sólidas, fluidos, gases y espacios vacíos que influyen en el tamaño del grano, teniendo en cuenta que esta separación no es homogénea, considerando la resistencia a la compresión simple del material el cual presenta como límite de separación al valor de 10^3KN/m^2 (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

d) Pendiente

Se considera al ángulo en que se encuentra una ladera o talud del terreno, influye directamente en la velocidad del movimiento y volumen de masa desplazada, la masa del suelo presenta esfuerzo al cortante, que varía en función del grado de inclinación, mientras mayor sea este, disminuirá el esfuerzo de corte (Suarez Días, 1998).

e) Hidrogeología

El agua es un elemento que al interactuar con el suelo o roca altera las propiedades físico mecánicas de las partículas de diversas maneras, al encontrarse este elemento dentro del suelo (aguas subterráneas) y desde la parte externa (precipitaciones y aguas superficiales) actúa como un agente desestabilizador; depende mucho del tipo de material que determina la permeabilidad, lo cual permite acumular o trasladar el agua, debido al tamaño de sus partículas o granos, aumentando el grado de infiltración de líquido que se abre paso por efecto de la gravedad, categorizando en cuatro grupos como: acuíferos, acuitardos, acuíclucados y acuífugos (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

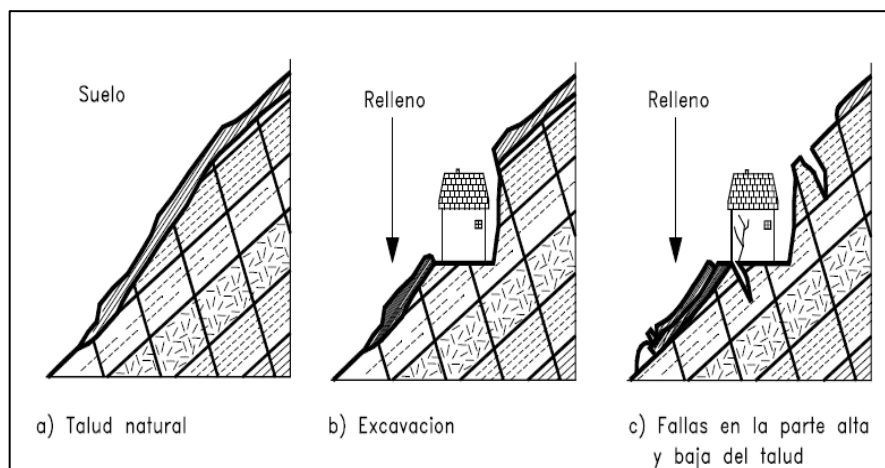
Al presentarse este fenómeno de almacenamiento y transferencia de agua, se debe considerar cuatro parámetros básicos de actuación con respecto al líquido interactuante: la porosidad; coeficiente de almacenamiento; permeabilidad y transmisibilidad.

Al activarse un deslizamiento influenciado por el aumento de la presión en los poros a consecuencia del agua, el comportamiento de las capas u horizontes alternantes cambian a través de la unión de factores permanentes o propensos del estado geológico original del suelo de sólido a fluido viscoso (Suarez Días, 1998).

f) Uso y ocupación del Suelo

Este factor tiene que ver principalmente con las alteraciones o modificaciones que realiza el ser humano directa o indirectamente en su afán de buscar réditos propios, desestabilizando laderas y taludes con acciones que muchas veces no presentan controles adecuados como por ejemplo corte en la base del talud, rellenos inapropiados aumentando la presión, etc., además de modificar el comportamiento de los causes hídricos naturales como por ejemplo introducción de ductos de agua para alcantarillado, aceleración de la infiltración por el estancamiento de agua debido a depósitos externos que contienen el líquido, etc. (Suarez Días, 1998). (Ver figura 2.14).

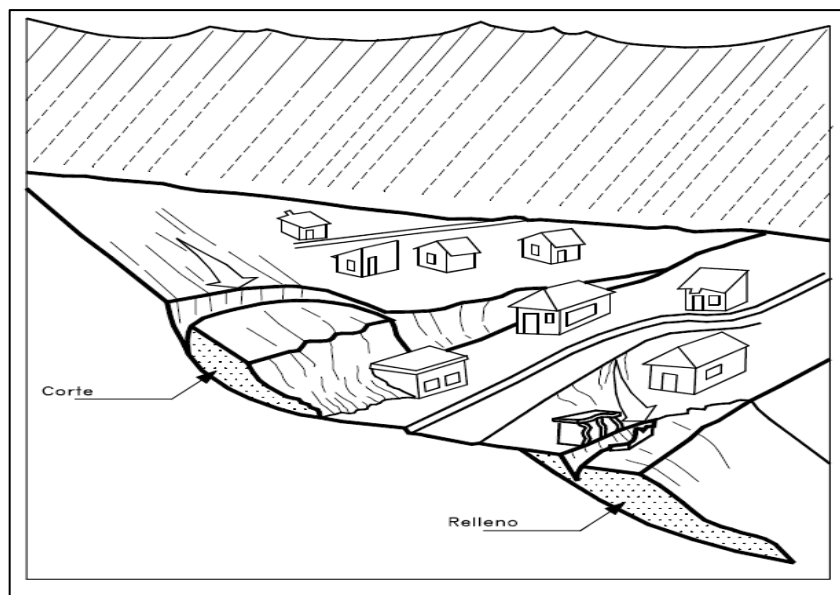
Figura 2.14 Deslizamiento debido a alteraciones en la pendiente.



Fuente: (Suarez Días, 1998).

El cambio de cobertura vegetal para ocupar como área urbana, es otra alteración drástica que modifica la superficie del terreno principalmente al encontrarse en cualquier tipo de pendiente lo que produce concentración de esfuerzos al cortante, con el corte de un talud se deja libre zonas estratigráficas que aumentan su proceso de meteorización por el contacto directo con el ambiente y la humedad, formando cambios en la composición del material que conllevan a la inestabilidad y consecuente ruptura de un deslizamiento (Suarez Días, 1998). (Ver figura 2. 15)

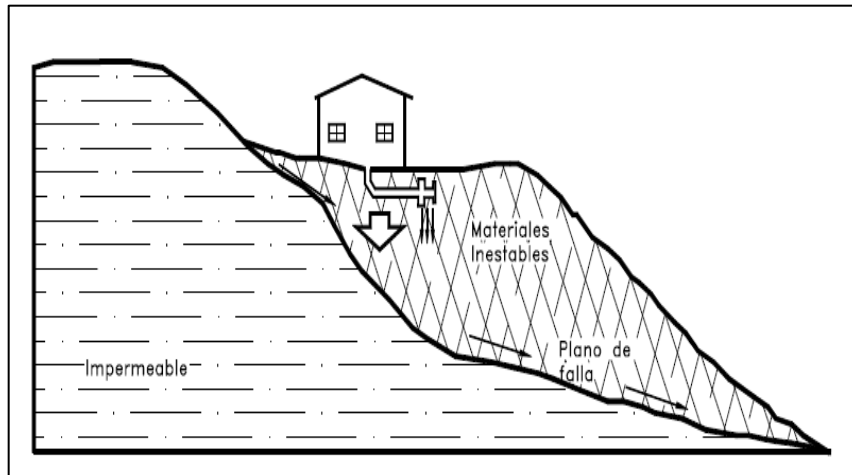
Figura 2.15 Deslizamiento y erosión producidos por actividades antrópicas.



Fuente: (Suarez Días, 1998).

Los cambios en los conductos hídricos naturales altera el comportamiento del suelo debido al aumento de fuerzas intersticiales producidas por el peso del agua acumulada, que provoca comportamientos diferentes en el suelo, las posibles causas más comunes son la eliminación de cobertura vegetal para ocuparlas con edificaciones, canales introducidos como alcantarillado, redes de agua que pueden experimentar fisuras, causando infiltración al terreno y aumento de nivel freático. (Ver figura 2.16)

Figura 2.16 Alteración del suelo por infiltraciones antrópicas.



Fuente: (Suarez Días, 1998).

2.2.6.2 Factor Desencadenante

Las laderas y taludes están expuestas a factores externos que perturban de cierta manera su estabilidad, ocasionado un “aumento en los esfuerzos de cortante....que actúan en una seria compleja de procesos los cuales en ocasiones, se traslapan con factores de deterioro” (Suarez Días, 1998, pág. 30) intrusivos, desencadenando un desequilibrio en las fuerzas actuantes del terreno, influenciados por la naturaleza, hombre-naturaleza y antrópico.

a) Precipitación

La precipitación es considerada como la cantidad o volumen de agua que cae sobre una superficie en un periodo de tiempo, que al contacto con el material terreo, genera ciertos procesos que dependen de las características y propiedades de dichos materiales (Suarez Días, 1998).

La ciencia meteorológica y climatológica demuestran que en una zona se presentan períodos de precipitaciones de manera repetitiva formando ciclos equivalentes cada cierto tiempo, relacionando la intensidad de las lluvias con el volumen o cantidad de agua (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Al confluir con la forma geología, morfología y litología de un área, el agua presente puede determinar la respuesta del terreno ante las características tensionales originados por presiones intersticiales y acrecentamiento de peso producidos por procesos erosivos tanto internos como externos, así como al aumento del nivel freático ante la saturación por su baja permeabilidad y transportación de la lluvia presente lo que conlleva a procesos de desestabilización y de susceptibilidad a movimientos de masa (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

b) Sismicidad

Los procesos tectónicos han sido protagonistas en la transformación y activación de fenómenos desestabilizantes en el relieve de un terreno, ya que al liberar energía, esta distribuye ondas sísmicas en todas direcciones, mismas que al subir a la superficie atraviesa por las diferentes capas estratigráficas, originando al contacto con el movimiento diferentes comportamientos que dependen de: características intrínsecas del material deformado; la distancia donde se originó el sismo y la magnitud relacionada directamente con la velocidad de onda desplazada (Suarez Días, 1998).

Los movimientos telúricos producidos por un sismo, se los delimita dependiendo de ciertas condiciones que se suscitan en el terreno ligadas interiormente con las propiedades geotécnicas de los suelos; velocidad de onda; módulo de rigidez; resistencia al corte; profundidad del nivel freático, que transforman el terreno y presentan fenómenos tales como: licuefacción; deslizamientos; desprendimientos y rupturas en superficie por fallamiento (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Es trascendente determinar cuáles son los elementos del suelo o roca que influyen de manera directa en el comportamiento o alteración suscitada como consecuencia de la propagación de ondas sísmicas, además, se debe estudiar y analizar la susceptibilidad del suelo que permita buscar pautas y así tomar medidas de prevención y mitigación de un suelo; los materiales que componen un terreno muestran características medibles como: distribución de poros,

cementación estructural, sistema de discontinuidades, la topografía del terreno, nivel freático, donde se puede establecer y delimitar el comportamiento geológico o los llamados efectos de sitio (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

c) Magnitud e Intensidad

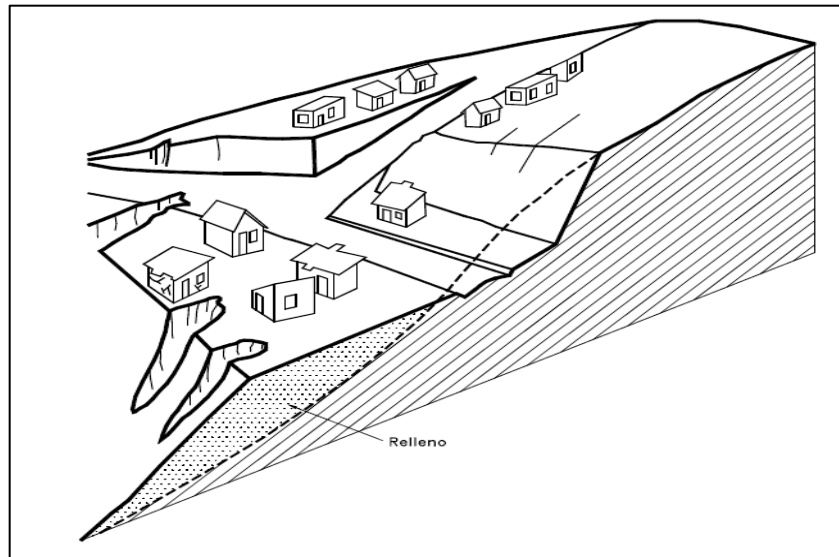
Para determinar el estudio y análisis de un sismo, se debe establecer parámetros medibles, donde se pueda delimitar la energía que se libera cuando produce un sismo, a nivel mundial se ha establecido dos escalas; la una denominada escala de Richter, establece la magnitud del movimiento medida por sismógrafos, esta escala se mide en escala potencial, cada valor de aumento de la energía liberada, se instaura en una proporción de diez veces la amplitud de onda; al obtener un valor mediante un sismógrafo, este se lo fija en relación de la onda secundaria S y el tiempo de 20 segundos. La otra llamada escala de Mercalli, estipula el grado de afectación de las edificaciones según su daño estructural, su medida se da en forma cuantitativa, esta si es proporcional en cada nivel y se establece en numeración romana que va desde I a XII (Bustos, 2010).

d) Actividad Antrópica

Aproximadamente en la época cuaternaria hace unos 2 millones de años, el hombre ha intervenido de forma activa en los procesos de transformación geológica como la erosión, sedimentación y el clima que de una u otra forma confluye en la alteración; la permeabilidad, alterabilidad, resistencia al corte, deformidad, etc., que a lo largo del tiempo han sido modificados por acción antrópica (González de Vallejo , Ferrer, Ortuño , & Oteo, 2002).

Durante el terremoto de 1995 en Kobe-Japón, se evidenció que los deslizamientos ocurridos en zonas urbanas, registran mayor afectación e incidencia por la alta actividad antrópica; siendo el ser humano de un tiempo atrás el agente transformador del relieve topográfico superficial (Suarez Días, 1998).

Figura 2.17 Asentamientos antrópicos en laderas.



Fuente: (Suarez Días, 1998).

Los asentamientos humanos, cada vez ocupan espacios que alteran el entorno natural y estos alteran el relieve topográfico, razón por la cual el hombre interviene de forma abrupta, muchas veces sin una planificación o control técnico, aumentando la susceptibilidad a deformaciones o movimientos dañinos para el ambiente, obras e infraestructura construidas y perjuicio a personas; ocasionando pérdidas incalculables; entre los cambios suscitados por la acción antrópica enumeramos los siguientes: cortes en laderas, rellenos de quebradas, corte en pendientes pronunciadas, deforestación, acumulación de aguas a consecuencia de fugas, descargas descontroladas de aguas servidas, etc. (Suarez Días, 1998).

2.2.7 Medidas de Mitigación para Deslizamientos

Parte esencial para establecer medidas prácticas de estabilización de taludes y/o laderas, es entender cómo se origina; se comporta (fases del movimiento); estudio de las características del suelo o roca; ángulo de la pendiente, agentes externos (Interrupción de la trayectoria de drenajes), etc. (Alva Hurtado, s.f.).

Los estudios e investigaciones para determinar las causas se basan principalmente en la parte geológica, geotécnica y exploración del subsuelo

(Alva Hurtado, s.f.), que permiten recalcar obras de estabilización más comunes que a consecuencias de alteraciones naturales o antrópicas se encuentran en zonas con condiciones y características semejantes del área de estudio (Candela González, s.f.).

Al establecer un sistema de estabilización que sirve para actuar sobre una la masa de terreno inestable, la cual se está deslizando, se pretende actuar sobre los planos o círculos de ruptura, a través de uno o varios sistemas de contención que permita lograr un coeficiente de seguridad aceptable que cumpla el objetivo de reducir o frenar el movimiento (Candela González, s.f.); a continuación detallaremos algunos de los sistemas que pueden servir en nuestro caso de estudio.

a) Control de aguas superficiales y subterráneas

Permiten controlar los causes hídricos internos como externos mediante sistemas de equilibrio de la masa del terreno a través de la disminución de las fuerzas que alteran el talud o ladera; estos sistemas dependerán de del tipo de aportación del líquido al suelo.

Entre los más utilizados tenemos los canales superficiales para control de escorrentías, construyendo un canal en la parte alta o corona del talud denominado cuneta de coronación; también tenemos sub drenes de zanja, de gran eficacia en el equilibrio del talud o ladera cuando el deslizamiento no es profundo y es alto el nivel de saturación; otros son los pozos profundos de subdrenaje, estos son apropiados cuando la superficie de falla de un deslizamiento es profundo lo cual controla el agua subterránea.

Fotografía 2.1 Sub dren de zanja.



Fuente: (Jorge E. Hurtado, s.f.)

b) Estructuras de Contención

El objetivo de este sistema es incorporar fuerzas ajenas al movimiento, incidiendo en la firmeza de la masa, ayudando a reforzar las fuerzas actuantes del mismo mediante estructuras que deben cumplir particularidades que dependan del tipo de movimiento.

Existe gran variedad de estructuras de contención, definiremos las que interesan para nuestro proyecto: relleno o berma de roca o suelo en la base, utilizado para deslizamientos rotacionales pero requiere de una cimentación competente donde actuara el relleno; muros de contención, igual se requiere una cimentación competente, muy útiles para taludes de menor altura.

Fotografía 2.2 Muro de gaviones.



Fuente: (Jorge E. Hurtado, s.f.)

CAPÍTULO III

3.3 MARCO METODOLÓGICO

En el presente proyecto de investigación para la evaluación de la amenaza de deslizamiento, se basa en la metodología de Mora-Vahrson, mediante la cual se delimita factores condicionantes y desencadenantes de movimientos de masa, mismos que pueden presentar valores cualitativos o cuantitativos, desde la perspectiva del estudio, que influyen en el deslizamiento, para luego ponderar dichos valores y categorizarlos en niveles pre establecidos.

Esta metodología se puede utilizar en zonas de diferente tamaño, siendo de gran beneficio como es el caso del presente estudio, ya que la información obtenida aborda parámetros generalizados y detallados, que acceden a identificar al profesional los factores condicionantes y detonantes, así como establecer indicadores con valores y pesos de ponderación, de esta forma determinar el nivel de amenaza a deslizamientos dentro de nuestra área de estudio; transformando los valores cualitativos a valores cuantitativos, que permita identificar nuestro escenario.

3.3.1 Tipo y Diseño de Investigación

3.3.1.1 Tipo de la Investigación

Para el desarrollo del presente estudio de caso, se enmarcó en el tipo de investigación no experimental ya que no se manipuló las variables; sino se observa y analiza en su entorno natural los factores condicionantes y desencadenantes que inciden en la amenaza de deslizamiento así como las medidas de mitigación implantadas por los actores locales en el sector del barrio San Isidro de la parroquia Turi del cantón Cuenca.

3.3.1.2 Diseño de la Investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizó el método analítico y descriptivo, que permite analizar y describir cada uno de los factores condicionantes (geológico-litológico; geomorfológico; hidrogeológico; pendiente; uso y ocupación del suelo) y desencadenantes (precipitación y sismicidad), utilizados en este trabajo, que influyen en la generación de la amenaza de deslizamiento; así como las medidas de mitigación implementadas en el área de estudio.

Además, la investigación es de tipo transversal ya que se analiza la información recolectada y sistematizada disponible durante el período de 1998 hasta el 2011.

3.3.2 Universo y Muestra (área de estudio)

Para el desarrollo del presente trabajo se ha definido como área de estudio 21 ha aproximadamente, misma que corresponde el cien por ciento del área, localizado en el barrio San Isidro de la parroquia Turi, el deslizamiento conocido como Turi Totoras; por lo tanto no se ha considerado muestra en el presente trabajo.

El mapa de ubicación del área de estudio se encuentra en el anexo 1.

3.3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación, se procedió a la compilación de datos e información secundaria disponible, de instituciones que han tenido injerencia dentro de la zona estudiada como son: Informe del Proyecto PREOCUPA (1998), Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB- Cañar, 2011), quien tiene la competencia de la construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián; GAD municipal de Cuenca, en los departamentos de Catastro, Planificación territorial, Dirección de Gestión de Riesgos y cartografía del IGM, INIGEMM (2012). Además, información de

medios de comunicación, artículos relacionados, y, entrevistas a los habitantes de la comunidad y del sector involucrado.

Estos datos e información, son parte esencial y fundamental de la sistematización y análisis de información.

3.3.4 Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Información

3.3.4.1 Procesamiento de la Información

La información será procesada y analizada en el software de Excel para bases de datos, Word para la redacción de informes y el uso de Sistemas de Información Geográfica – SIG para elaboración de cartografía base y temática.

Los resultados se presentarán en cuadros y tablas estadísticos, así como mapas temáticos de susceptibilidad y amenaza a deslizamientos del área de estudio.

3.3.4.2 Análisis de la Información

En cuanto al análisis de la información se determina a cada factor un valor ponderable de manera cuantitativa y cualitativa, para luego en el programa de sistema de información geográfica interpolar los resultados, donde se obtiene niveles de susceptibilidad y amenaza con rangos pre establecidos para la zona de estudio.

3.3.5 Presentación y análisis de Resultados

Los resultados obtenidos del proyecto se los representa en cuadros y tablas de manera cuantitativa y cualitativa; conjuntamente con la representación cartográfica en programa SIG, que permita organizar, manipular, almacenar y modelar mapas bases y temáticos a escala 1:5.000.

3.3.6 Parámetros de la Metodología Mora-Vahrson

En el desarrollo e interpretación de nuestro mapa de susceptibilidad final, se realizara con base en la metodología de Mora-Vahrson, determinados con los datos de la siguiente fórmula:

$$H = S * FD$$

$$S = (S_{GL} * S_{GM} * S_P * S_H S_U)$$

$$FD = (T_P + T_S)$$

Dónde:

H: Grado de amenaza producto de los factores

S: Factores de susceptibilidad

FD: Factores detonantes

S_{GL}: Factor Geológico-Litológico

S_{GM}: Factor Geomorfológico

S_{HG}: Factor Hidro geológico

S_P: Factor Pendiente

S_U: Factor Uso y ocupación del suelo

T_S: Factor de disparo por Sismos

T_P: Factor de disparo Precipitación

3.3.6.1 Valores Ponderados

Para los valores de los factores condicionantes y detonantes se establecieron pesos para el resultado de nuestro proyecto, de información proporcionada por las tablas de rangos de la Secretaría de Gestión de riesgos (s/f); INIGEMM (2012); Código Ecuatoriano de la Construcción – NEC, 2015.

La interacción de los factores condicionantes y desencadenantes pretenden expresar las posibles causas y consecuencias de índole externo, siendo estas las que alteran o desestabilizan con el aumento en las fuerzas de corte; e interno, las cuales con procesos como la meteorización modifican el comportamiento característico de los materiales reduciendo su resistencia (Tambo Encalada, 2011).

a) Factores Condicionantes

a.1 Geológico-litológico

En el anexo 6, se especifica la tabla de la Secretaria de Gestión de Riesgos, donde se relacionaron valores que sirve como referencia en la categorización del factor condicionante de nuestro estudio, dando rangos y pesos para la elaboración del mapas geológico-litológico, además una breve descripción de las características de este tipo de elemento que indica su grado de incidencia.

a.2 Morfológico

En el anexo 7, se encuentra la tabla de la S.G.R. que corresponde al factor morfológico, en esta se incluyen además de la clasificación para movimientos de masa, valores para calcular eventos de inundaciones; los rangos y pesos utilizados para la clasificación del suelo en nuestra área de estudio, que luego ocupamos en la elaboración del mapa geomorfológico, además una breve descripción de los parámetros morfológicos, acompañado del peso, el cual indica su grado de incidencia.

a.3 Pendiente

De igual manera se utilizó la tabla de categorización de la S.G.R. (ver anexo 8), donde se caracterizan los niveles utilizados para los rangos de pendientes con su peso ponderado, este factor de pendientes determina valores cualitativos y cuantitativos establecidos en cinco niveles.

a.4 Uso y ocupación del suelo

El factor de uso y ocupación del suelo delimita áreas que encontramos comúnmente en nuestra geografía, esta tabla calcula en función de un valor cualitativo el peso de incidencia (ver anexo 9), mismo que se presenta en la tabla de pesos que utiliza la Secretaria de Gestión de Riesgos, para luego referenciarlo en la elaboración del mapa de pendiente de nuestra área de estudio.

b) Factores desencadenantes

b.1 Precipitación

La tabla correspondiente a la precipitación se lo determina en función del cálculo pluviométrico obtenido de los datos que registran en las estaciones meteorológicas cercanas al área de interés categorizado mediante isoyetas determinadas por el promedio de cantidades de aportes de agua en una zona, pudiendo ser de forma mensual y anual. En el anexo 10 se puede identificar los valores que corresponden al área de estudio.

b.2 Sismicidad

Para el análisis de este componente, nos referiremos a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC - 2015, donde se delimitan seis zonas sísmicas para el Ecuador, información que representada el factor Z que clasifica el valor de la máxima aceleración efectiva en roca para las diferentes zonas, además de la clasificación de los tipos de perfiles del suelo (ver anexos 11 y 12), que determina valores cualitativos y cuantitativos (NEC, 2015).

Tabla 3.1 Variables e indicadores de ponderación para la susceptibilidad y amenaza de deslizamiento

Variable	Indicador	Escalas del Indicador	Valor Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo
Factores Condicionantes o de Susceptibilidad (S)	Geológico-Litológico (S _{GL})	Macizo rocoso o suelo firme compacto	1	2,5	25
		Limolitas secuenciales, lutitas y areniscas fino granulares de color claro arenisca tobácea gruesa de color café	5		
		Conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas estratificadas conglomerados con aportes volcánicos y areniscas	5		
		Material Heterogéneo Limo Arcilloso de grano fino con micro fragmentos	10		
		Arcillas, Limos, Areniscas y Limolitas	5		
		Material suelto heterogéneo de baja compactación	10		
	Geomorfológico (S _{GM})	Llanuras Aluviales de Depositación	1	1	10
		Vertientes de Colmatación	10		

		Colinas Bajas	5		
		Colinas Medias	5		
		Colinas Altas	5		
		Vertiente Irregular	5		
		Relieve Escarpado	5		
	Pendiente (S_P)	0 -15	1	2	20
		15 – 30	1		
		30 -50	5		
		50 – 70	5		
		>70	10		
Variable	Indicador	Escalas del Indicador Promedio Anual	Valor Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo
Factores Condicionantes o de Susceptibilidad (S)	Hidrogeológico (S_{HC})	Arcillas	10	2,5	25
		Limos	5		
		Arenas	1		
		Gravas	1		
	Uso y Ocupación del Suelo (S_U)	Área Urbana	1	1	10
		Bosques	1		
		Bosque Intervenido	1		
		Matorrales	1		
		Cultivo de Ciclo Corto	5		
		Suelo Desnudo	10		
Factor Detonante (T)	Precipitación (T_P)	1250 (mm)	1	0,5	5
		2250 (mm)	5		
		3500 (mm)	10		
	Sismicidad (T_S)	I-II	1	0,5	5
		III-IV	5		
		V-VI	10		
TOTAL				10	100

Fuente: (Paucar, 2016), (NEC, 2015), (SGR, s/f.). Elaborado: Pesantez, 2017.

En la tabla 3.1 se muestran los factores condicionantes y desencadenantes a los que se les atribuyen indicadores cualitativos y cuantitativos, mismos que se les genera un valor de indicador que multiplicado por el peso de ponderación se obtiene como resultado un valor máximo, cuya sumatoria permite determinar el índice y nivel de susceptibilidad y amenaza a deslizamientos, de acuerdo a los rangos que se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Rangos para determinar el índice y nivel de susceptibilidad y amenaza a deslizamiento.

Clase	Rango	Clasificación
I	1 a 33	Bajo
II	34 a 66	Medio
III	67 a 100	Alto

Fuente: 1Elaborado: Pesantez, 2017.

c) Clasificación de susceptibilidad y amenaza

c.1 Susceptibilidad

Se fundamenta mediante una descripción cualitativa que permiten relacionar los elementos expuestos e identificarlos mediante colores que denotan su nivel de susceptibilidad, catalogados en bajo, medio y alto.

Tabla 3.3 Clasificación y descripción de los niveles de susceptibilidad.

Clase	Clasificación Susceptibilidad Deslizamiento	Descripción de la Susceptibilidad
I	Bajo	Áreas estables con probabilidad escasa de movimiento, no presenta alteraciones visibles que puedan afectar la infraestructura y obras que se encuentran ligados al suelo

II	Medio	Áreas con probabilidad relativa de presentar movimiento, perceptibles que causan alteración y posible daño menor.
III	Alto	Área probable de producir movimiento visible con consecuencias perjudiciales

Elaborado: Pesantez, 2017.

c.2 Amenaza

Se identifican áreas mediante una descripción cualitativa que permiten relacionar los elementos expuestos e identificarlos a través de colores que indican su nivel de susceptibilidad, catalogados en bajo, medio y alto. (Ver tabla 3.4)

Tabla 3.4 Clasificación y descripción de los niveles de amenaza.

Clase	Clasificación de Amenaza Deslizamiento	Descripción de la Amenaza
I	Bajo	Áreas de movimientos relictos hasta la presente fecha, inactividad en los últimos 100 años, materiales litológicos de baja susceptibilidad a fenómenos de inestabilidad de terrenos, pendientes suaves. Zona de moderada restricción y sensibilización que permite el desarrollo de asentamientos humanos.
II	Medio	Áreas con deslizamientos latentes, con pendientes medias, nivel freático entre 5 y 20 metros, conformados por materiales litológicos medianamente susceptibles a la formación de fenómenos de Inestabilidad de terrenos. Están sujetas a controles y estudios para determinar su uso.

III	Alto	<p>Áreas con deslizamientos recientes, con distintas pendientes, altos niveles freáticos, procesos erosivos activos y conformados con materiales litológicos altamente susceptibles a fenómenos de inestabilidad de terrenos. Muy difícil eliminar o reducir el movimiento. Se debe considerar áreas de prohibiciones a cualquier tipo de construcción, debe ser intervenida inmediatamente.</p>

Elaborado: Pesantez, 2017.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS ALCANZADOS POR OBJETIVO

4.1 Resultado del Objetivo 1: Factores de Susceptibilidad y Amenaza a Deslizamientos

A partir de la información disponible complementada con trabajos de campo se describen y correlacionan los factores condicionantes y desencadenantes que permiten establecer los niveles susceptibilidad y amenaza del deslizamiento categorizando en alto, medio y bajo de acuerdo a la metodología de Mora-Vahrson.

Los factores condicionantes considerados son: geológico-litológicos; geomorfológicos; pendiente del terreno, hidrogeológicos y uso del suelo; los factores desencadenantes: sismicidad y precipitación. Estos factores se describen a continuación:

4.1.1 Factores Condicionantes

4.1.1.1 Factores Geológicos-Litológicos

a) Geológico

El deslizamiento denominado Turi Totoras comprende un área aproximada de 21 ha, este se encuentra sobre un depósito coluvial, al sur-este del conjunto geológico denominado “La cuenca de Cuenca” (Basade R., 1998), se origina desde el borde occidental por sustratos de compuesto volcánico y sedimentos marinos provenientes del borde oriental a consecuencia de procesos sedimentarios denudativos de los altos de la cordillera Real; en la edad del Mioceno Medio aproximada entre 14,7 a 12,3 millones de años; creando un entorno deltaico marino, detallado a través de una sucesión de sedimentos depositados primeramente por conglomerados aluviales seguidos de sedimentos finos; arcillas rojas, cambiadas con niveles delgados de arenas y

micro conglomerados; continúan depositándose arcillas, sedimentos finos y limos amarillentos de contexto salobre y lacustre, que dieron paso a las formaciones Biblián y Loyola (Basade R., 1998).

De 11,5 millones de años aproximadamente, la cuenca continuó recogiendo sedimentos, de mayor espesor, conformados por areniscas gruesas, lentes fluviales, areniscas conglomeráticas, provenientes de un volcanismo contemporáneo presente, lo que creó la formación Azogues.

El cuarto periodo, los procesos sedimentarios se afirman en forma de fluviales como secuela de un entorno saturado, limitando al material detrítico, dando paso a sedimentos finos de manera interpuesta entre las edades de 9.9 a 9.5 millones de años aproximadamente, lo que denomina la formación Mangan, en esta los materiales depositados generan esfuerzos compresivos originando pliegues y deformación en las capas de estratos.

Desde 9,6 y 8 millones de años aproximadamente, presenta procesos denudativos erosivos en la recientemente conformada cordillera occidental, el material detrítico grueso se depositó en zonas fluviales, denominada edad del Mioceno Tardío, dando lugar a la formación Turi (Basade R., 1998).

Como se define anteriormente, la geología de la zona presenta un topografía irregular por procesos denudativos y acumulativos como consecuencia de procesos endógenos y exógenos, donde se delimitan cuatro formaciones geológicas en el área de estudio.

En el área de estudio divisamos rocas meta volcánicas y sedimentos aflorantes antiguos provenientes del periodo jurásico, como consecuencias de procesos de meteorización y erosión, que dan origen a suelos residuales granulares de matriz arcillo limosa de alta plasticidad, haciéndolo susceptibles a movimientos de masa principalmente coluviones, reptaciones y flujos (Basade R., 1998).

Luego de definir las características geológicas en el área de estudio, clasificamos sus propiedades en función de parámetros medibles representados

en la tabla 4.1, además de identificar las formaciones geológicas en el mapa 4.9.

a.1 Formación Mangan (Mm)

Conformada por limolitas secuenciales, lutitas y areniscas fino granulares de color claro en su parte inferior; en la parte media, tenemos lutitas asociadas con vetas de carbón, y, en la parte superior arenisca tobácea gruesa de color café de forma conglomerática, la formación tiene un espesor próximo de 2.200 metros; esta formación se encuentra en contacto con la formación Azogues creando un plano discordante, el cual soporta grandes presiones dando lugar a una deformación y fallamiento; comprende el Mioceno Tardío (Basade R., 1998).

a.2 Formación Turi (Mtu)

Conformada de diversa composición litológica, se identifican conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas laminarmente estratificadas casi horizontales que se asienta sobre capas sedimentarias alteradas, su edad comprende entre 8 y 9 millones de años aproximadamente, asentada sobre la cuenca de Cuenca, tiene una profundidad de alrededor de 200 metros (Basade R., 1998).

De pendientes pronunciadas, lo que ocasiona caída de bloques, su estructura es sub vertical, en los materiales areniscos y conglomerados presenta fisuras por desecación, la permeabilidad es relativamente baja y contiene niveles freáticos profundos (Basade R., 1998).

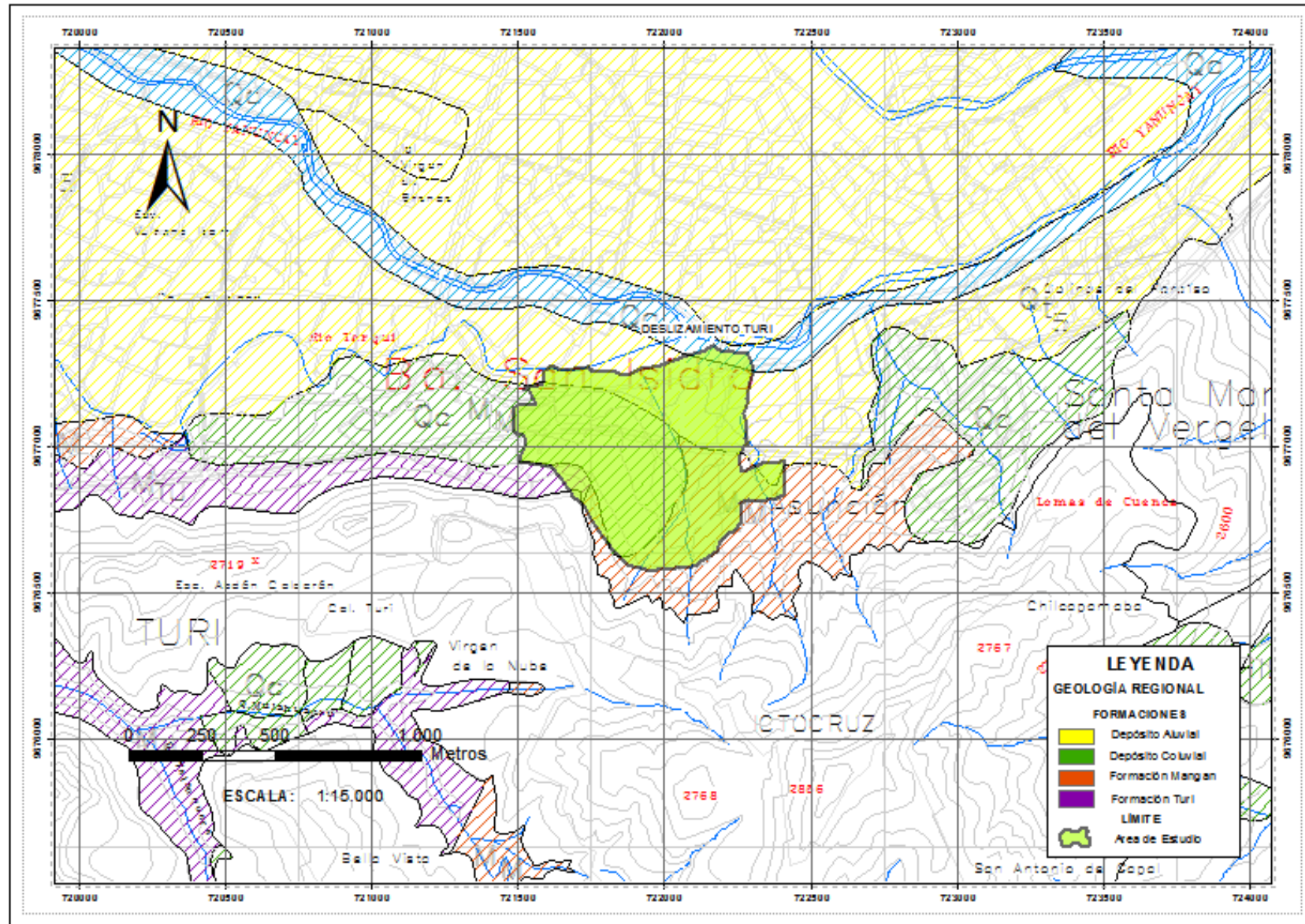
a.3 Depósito Coluvial (Q_C)

Es un movimiento transportado o deslizamiento de ladera y pie de talud, tiene poco recorrido, su material es heterogéneo con fragmentos angulares y sub angulares en matriz limo arcillosa con micro fragmentos, su edad corresponde al Holoceno hasta la actualidad (Basade R., 1998).

a.4 Depósito Aluvial Resiente (Q_A)

Comprende la época del Holoceno hasta la actualidad, se origina por transportación fluvial, depositados en llanuras inundables, comprende gravas, arenas limosas que según el tipo de flujo esta se diferencia entre redondeadas y sub angulares (Basade R., 1998).

Mapa 4.1 Componentes geológicos presentes en el área de estudio.



Fuente: (Basade R., 1998). Elaborado por: Pesantez, 2017.

b) Litología

El área de estudio converge en una ramificación septentrional distintiva de la cordillera, donde se asentó el coluvión con un área aproximada de 504.522 m², como consecuencia de los procesos denudativos sedimentarios erosivos luego del Mioceno Tardío, sobre la terraza donde se unen los ríos Tarqui y Tomebamba. Por su edad, suelen presentar una compactación adecuada, siendo alterada por procesos de meteorización y erosión generando movimientos de masa, debido a que los materiales residuales, sus partículas acumulan arcilla, un mineral con características plásticas y de baja permeabilidad, lo que altera el suelo aumentando la saturación produciendo movimientos de masa que al voltearse los materiales se vuelven menos compactos y heterogéneos (Basade R., 1998).

Otra característica litológica, refiere a materiales conformados por lavas meteorizadas verdoladas, esquistos micáceos, cuarcitas, y mármoles localmente intercalados con esquistos grafiticos, con particularidad de resistencia, maciza y dura, presentan mala condición geo mecánica como consecuencia de fracturas y cizallamientos que perturban el suelo o roca, generando procesos erosivos de gran intensidad (Basade R., 1998).

Se puede apreciar en el mapa 4.1 que el deslizamiento se encuentra dentro de un coluvión, mismo que se asienta sobre la unión de la formación Mangan (Mm) y la formación (Tu) y presenta un discordancia de tipo erosional (interrupción en los depósitos en el tiempo geológico). Las propiedades y características propias del material sumado a la heterogeneidad en el suelo, condiciona el comportamiento geo mecánico.

El material de un coluvión es vulnerable a la presencia de agua que actúa como agente desencadenante, sumado a las actividades antrópicas, aumenta la susceptibilidad a movimientos de masa.

La forma geométrica de la superficie del deslizamiento, se determinada por dos unidades diferenciadas, una semi circular en la parte alta o cabeza y otra semi

planar que comprende la parte media o cuerpo y la parte baja o pie, con una profundidad aproximada de 27 metros en la parte superior, 14 metros encima de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y de 10 metros en la parte baja que comprende la zona de la Universidad del Azuay (MTOPI, 2011).

La permeabilidad promedio en el área de estudio, de acuerdo a (MTOPI, 2011), indican, en la parte de los sedimentos presenta valores bajos que comprende entre $1,47 \times 10^{-5}$ y $6,55 \times 10^{-7}$ cm/s; lo que genera retención de agua; los suelos muestran significativo componente tobáceo que influye en el comportamiento de la permeabilidad; mientras que la permeabilidad promedio en el coluvión es menor que el horizonte superficial, ya presenta un valor de $8,75 \times 10^{-6}$ cm/s, a consecuencia del grado de consolidación del material, reflejando menor plasticidad.

Según (MTOPI, 2011), a través de 29 sondeos eléctricos verticales, 5 líneas de sísmica con una longitud de 1.04 metros y 4 perforaciones rotacionales con la ejecución de SPT, se diferencia en el coluvial la presencia de tres capas; la primera compuesta de material arcilloso blando heterogéneo con una profundidad desde la superficie hasta 9 metros aproximadamente; la segunda presenta material limoso, que tiene una profundidad de 15 metros, y en la tercera capa presenta limolita que contrasta con la segunda capa, donde se establece el límite de falla, (ver tabla 4.1) su profundidad no está definida (Matute D., Trabajos de Estabilización en Turi Totoras y Quemandel , 2014).

Tabla 4.1 Datos de las perforaciones rotacionales en el deslizamiento Turi.

PERFORACIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84		PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MATERIAL
	X	Y		
PRT-1	721 844	9 676 934	9	COLUVIAL Y SUELO RESIDUAL
			18	ROCA BLANDA (LIMOLITA Y ARENISCA TOBACEA)
PRT-2	721 920	9 676 841	27	DEPOSITO COLUVIAL
PRT-3	721 960	9 676 930	22	COLUVIAL
			5	ROCA MUY ALTERADA
PRT-4	722 035	9 677 096	9	COLUVIÓN
			18	ROCA MUY ALTERADA

Fuente: (PÚBLICAS, 2011).

Para obtener los resultados de los datos geológicos-litológicos en el área de estudio, se clasificó y dio valores según datos similares de las tablas de la Secretaría de Gestión de Riesgos (anexo 2), donde se determinó el nivel del factor geológico-litológico, encontrando lo siguiente:

La formación Mangan presenta limolitas secuenciales, lutitas y areniscas de grano fino, estas dos últimas de importante aporte hacia los procesos de meteorización que conllevan al incremento de arcillas, material altamente alterante a la unión de estratos que modifican el comportamiento del suelo, su nivel medio peso 5 (ver tabla 4.2).

La Formación Turi, está constituido por conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas estratificadas; si bien el material representa un valor bajo, debido a que los estudios (MTO, 2011) muestran presencia de arcilla en los conglomerados, posiblemente transportados, en las uniones del material menos blando con los bloques de distintos tamaños, que con la presencia de humedad y un alto nivel freático, dichas uniones generan inestabilidad y

posible superficies de falla, se consideró un nivel medio de valor 5 (ver tabla 4.2).

Por su parte, el depósito coluvial, presenta suelos heterogéneos compuestos de material limos arcillosos de grano fino con micro fragmentos, donde se establece que estos presentan una estructura de matriz soportada y gran cantidad de partículas de arcillas, que generan inestabilidad del suelo como consecuencia de incrementos de humedad al presentar características de absorción de agua, clasificándolo un nivel alto de valor 10 (ver tabla 4.2).

El depósito aluvial categoría T5, se compone de arcillas, limos, areniscas y limolitas, el cual se relacionó con la descripción similar del rango de depósito aluvial según la tabla 3 de la Secretaría de Gestión de Riesgos (anexo 2); el coeficiente de permeabilidad es alto, debido los espacios de porosidad de los limos y areniscas, además, el área del depósito aluvial, presenta inclinaciones suaves, categorizando en un nivel medio de bajo 1 (ver tabla 4.2).

c) Elaboración del Mapa Geológico-Litológico

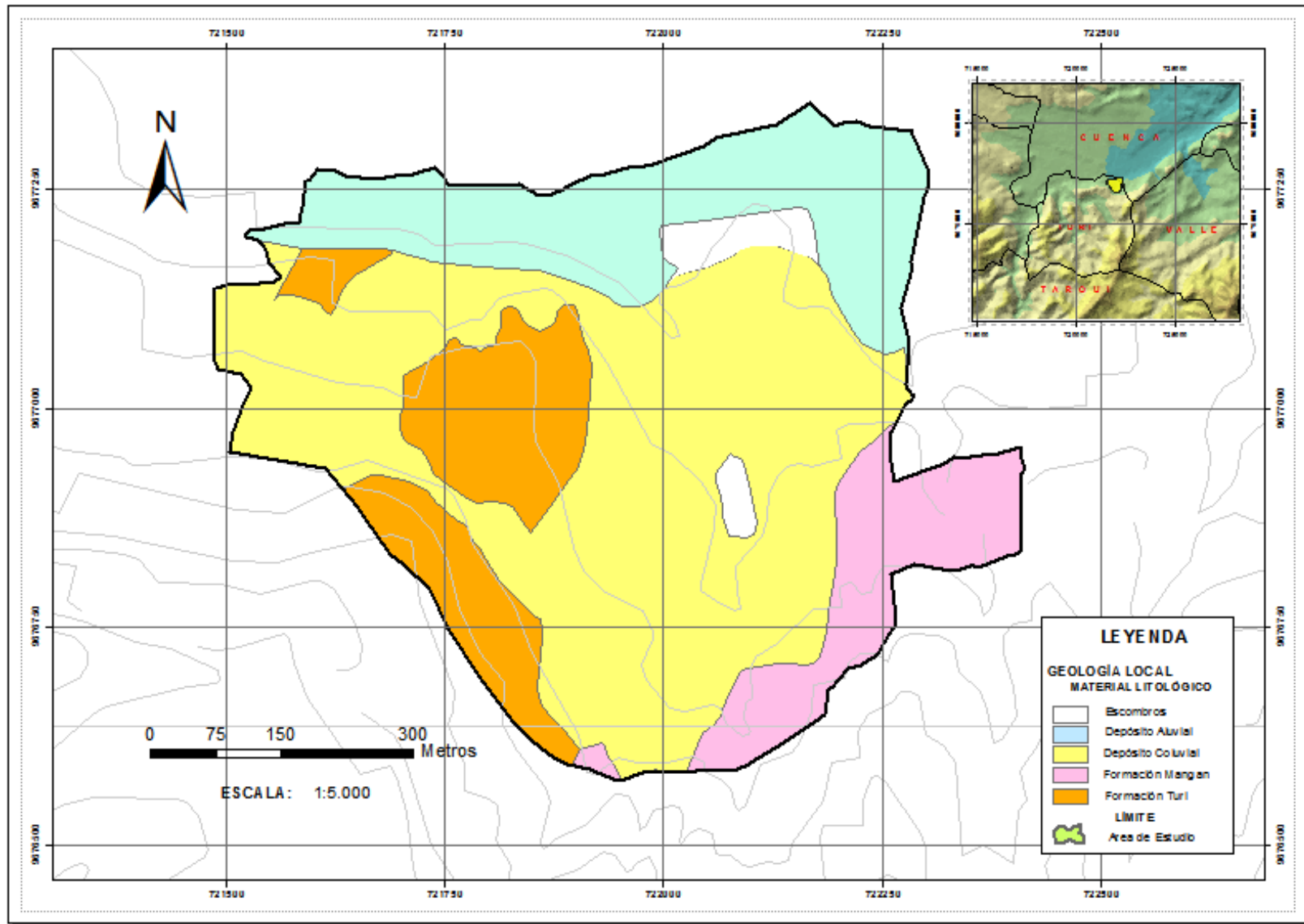
Una vez identificados los valores de cada elemento, se elaboraron de 2 mapas temáticos (geológico y litológico), mediante el programa o software SIG, donde se determina la clase y tipo de suelo presente (ver mapa 4.1 y 4.2).

Tabla 4.2 Resultado del factor geológico-litológico (S_{GL}) de la zona de estudio y pesos de ponderación.

INDICADOR (Factor)	INDICADOR LITOLÓGICO	FORMACIÓN	AREA ha	% DE AREA
Geológico-Litológico (S_{GL})	Limolitas secuenciales, lutitas y areniscas fino granulares de color claro arenisca tobácea gruesa de color café	Mangan (M_M)	4,79	9,78
	conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas estratificadas conglomerados con aportes volcánicos y areniscas	Turi (M_{TU})	6,88	14,04
	Material heterogéneo con fragmentos angulares y sub angulares en matriz limo arcillosa con micro fragmentos	Coluviión(Q_C)	27,43	55,99
	Gravas, arenas limosas que según el tipo de flujo esta se deferenca entre redondeadas y sub angulares	Terraza Aluvial (Q_{T5})	8,73	17,82
	Material suelto heterogéneo de baja compacidad	Escombros	1,16	2,37

Fuente: (Basade R., 1998). Elaboración: Pesantez, 2017.

Mapa 4.2 Geología local del área de estudio.



Fuente: (PÚBLICAS, 2011). Elaborado por: Pesantez, 2017.

4.1.1.2 Factores Geomorfológicos (S_{GL})

Las mesetas que conforman el área de estudio, se las identifica mediante una singularidad sub horizontal a consecuencia de flujos lávicos que rellenaron los valles glaciares alcanzando alturas entre 3.600 a 3.200 m.s.n.m.; por otra parte, la cuenca intramontana se identifica por el valle de baja pendiente conformado por material detrítico a consecuencia de procesos erosivos de alta montaña y de procesos volcánicos que modelaron terrazas.

Además, se observa la presencia de relieves colinados, con incremento en la pendiente hacia el oriente, este incremento, genera procesos de transformación del relieve de gran energía al interactuar con la secuencia de drenaje detrítico con rumbo NNE – SSO; se puede decir que existe un alto índice a deslizamientos producto de la velocidad en la profundización y el ensanche del valle (Basade R., 1998).

Definiremos las principales micro geoformas del área de estudio para categorizarlas de acuerdo a la metodología del INIGEMM (2012), (ver tabla 4.3) donde se describe sus particularidades y formas que presentan los diferentes elementos con valores cualitativos y cuantitativos, donde se asignan pesos de ponderación. Se diferencian las formas de la superficie más diferenciadas en el área de estudio a continuación:

a) Geoformas

Desde el punto de vista geomorfológico, delimitaremos los componentes geológicos en el área de estudio:

b.1 Formación Mangan (M_M)

Conformada por limolitas, lutitas y areniscas fino granulares, de color claro en el interior, su fragmento intermedio las lutitas interactúan con vetas de carbón y en su parte superficial encontramos areniscas tobáceas gruesas de color café conformando conglomerados, esta formación tiene una profundidad de 2.200 metros aproximadamente se caracteriza de depósitos continentales deltaicos a

del largo del tiempo y un sistema fluvial meandriforme distal con llanuras inundables (Basade R., 1998) .

b.2 Formación Turi (T_U)

Litológicamente se encuentra conformado por conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas estratificadas, con un espesor aproximado de 700 metros, en el transcurso del tiempo, sus depósitos presentan un ambiente continental dentro de sistemas fluviales y zonas inundables; en cortes originados para carreteras, se puede apreciar conglomerados con aportes volcánicos y areniscas con estratigrafía casi plana asentadas sobre sedimentos deformados (Basade R., 1998).

b.3 Depósito Coluvial (Q_C)

La heterogeneidad que presenta el coluvión contiene rocas con diferentes niveles de modificación, hace difícil establecer su comportamiento, por lo que la susceptibilidad se la clasifica como alta, ya que se encuentra presencia de fragmentos de roca con matriz limo arcillosa y limo arenosa cohesiva de solidez blanda a media, no presenta niveles estratigráficos definidos compactados, lo que aumenta el índice de generar un movimiento. Debido a estas características el grado de humedad es elevada aun en periodos secos.


b.4 Depósito Aluvial Reciente (Q_A)

En esta área existe indicios de movimientos recientes, que provienen del deslizamiento Turi, los materiales que son cantos rodados, bloque gruesos guijarros y gravas redondeadas con rellenos de arenas en sus espacios, son característicos del depósito.

Se encontró siete geoformas específicas dentro del área de estudio, que presentan características particulares (ver tabla 4.3), con el fin de relacionar con los movimientos que se han producido y modificaron el relieve topográfico.

A continuación se presenta los diferentes tipos de geoformas identificadas en el área de estudio, que incluye la codificación, génesis, forma del relieve, descripción y una foto representativa. La clasificación se basa en lineamientos del INIGEMM (2012).

Tabla 4.3 Clasificación de geoformas en el área de estudio.

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Cr	Denudativo	Coluvión reciente	Compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino. Presenta un bajo grado de disección.
 <p data-bbox="485 1637 1142 1662"><i>Fotografía 4.1 Coluvio aluvial reciente. Elaborado: Pesantez, 2017.</i></p>			

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
No	Deposicional	Llanuras Aluviales de Depositación	De origen similar al coluvión reciente, se diferencia por el mayor grado de disección, con presencia de vegetación pionera más desarrollada, que indica cierto nivel de madurez o antigüedad.





Fotografía 4.2 Llanuras aluviales de deposición. Elaborado: Pesantez, 2017.

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Vsr	Deposicional	Vertiente de superficie de relleno Irregular	Constituyen las laderas que delimitan las superficies de relleno presentan diferentes rangos de pendientes y el material que lo conforma es del mismo tipo que la superficie de relleno.



Fotografía 4.3 Vertiente de relleno irregular. Elaborado: Pesantez, 2017.

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Vsc	Deposicional	Vertiente de superficie de colmatación	Constituyen las laderas que delimitan las superficies de colmatación presentan diferentes rangos de pendientes y el material que lo conforma es del mismo tipo que la superficie de relleno
			
<p><i>Fotografía 4.4 Vertiente de superficie de colmatación. Elaboración: Pesantez, 2017.</i></p>			

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
Cv	Denudativo	Coluvio aluvial reciente	Formado por la acción de la depositación de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean. Se diferencia de un valle por sus materiales más angulosos, así como por su mayor pendiente.
			
<p><i>Fotografía 4.5 Coluvio aluvial reciente. Elaborado: Pesantez, 2017.</i></p>			

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
R3	Tectónico Erosivo	Relieve colinado Bajo	Formado por la acción del depósito de materiales aluviales sumado a los aportes gravitacionales laterales de las formas colinadas que lo rodean. Se diferencia de un valle por sus materiales más angulosos, así como por su mayor pendiente.



Fotografía 4.6 Relieve colinado bajo. Elaborado: Pesantez, 2017

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
R4	Tectónico Erosivo	Relieve colinado medio	Constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 100 m.



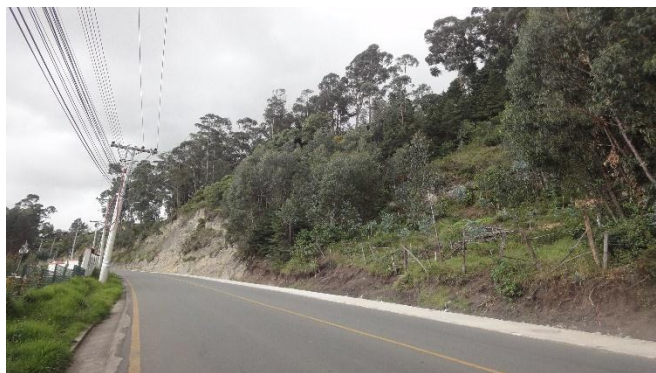
Fotografía 4.7 Relieve colinado medio. Elaborado: Pesantez, 2017.

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
R5	Tectónico Erosivo	Relieve colinado alto	Constituyen elevaciones que llegan a los 200 m de desnivel relativo.



Fotografía 4.8 Relieve colinado alto. Elaborado: Pesantez, 2017

CÓDIGO	GÉNESIS	FORMA DE RELIEVE	DESCRIPCIÓN
R7	Tectónico Erosivo	Relieve Escarpado	Estos niveles tienen relieves relativos que sobre pasan los 300 metros



Fotografía 4.9 6Relieve Escarpado. Elaborado: Pesantez, 2017.

Fuente: (INEGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, & MAGAP, 2012). Elaborado: Pesantez, 2017.

En la siguiente tabla se especifican los valores de nivel freático y la permeabilidad de algunos puntos del deslizamiento, componentes que se relacionan a las geoformas presentes en el área de estudio, estos valores, fueron obtenidos mediante la consultoría para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del año 2011. (Ver tabla 4.4)

Tabla 4.4 Valores de permeabilidad presentes en los horizontes estratigráficos superficiales.

Sondeo	Nivel Freático (m)	Profundidad (m)		Permeabilidad cm/s	Litología
		Desde	Hasta		
PRT-1	5,90	0	3	2,47E-06	Coluvión
		3	6	3,44E-05	
		6	9	1,31E-06	
		9	12	6,55E-07	Limolitas y areniscas alteradas
PRT-2	6,00	0	3	4,69E-05	Coluvial arcilloso
		3	6	5,16E-07	
		6	9	3,22E-07	Coluvial de matriz limosa y limo arenosa
		9	12	6,44E-07	
PRT-3	0,90	0	3	8,23E-06	Coluvial de matriz arcillosa
		3	6	1,07E-05	
		6	9	4,08E-04	
		9	12	4,30E-05	Coluvial de matriz limo arenosa
PRT-4	5,80	0	3	2,47E-06	Coluvial de matriz arcillosa
		3	6	8,59E-07	
		6	9	1,33E-06	
		9	12	3,33E-06	Limolita alterada

Fuente: (Matute D., 2014).

b) Mapa Geomorfológico

La elaboración de este mapa se fundamentó en las micro estructuras que clasifica el INIGEMM del proyecto “Análisis de amenaza por tipo de movimiento en masa” versión 2012, donde se diferencia las geoformas con características similares, que sirvió de base, así como también con la ayuda de la ortofoto disponible por el MAGAP escala 1:5.000, otro parámetro que influyó fue la topografía del proyecto “Estudios definitivos de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián” del MTOP del año 2011 (Ver mapa 4.3).

Se encuentran áreas denominadas colinas medias que ocupan el mayor porcentaje con el 23,79% del total; llanuras aluviales con un 21,95% del total, ubicados en la parte baja, con inclinaciones suaves; siguen, vertientes de colmatación, muchas de estas a consecuencia de procesos erosivos con un 20,93%; por otro lado, los relieves escarpados dentro de la zona de estudio representan el 13,35% del total; vertientes irregulares en un 10,15%, se encuentran principalmente a lo largo del área de estudio; a continuación, colinas bajas y altas en menor proporción, con un 5,83 y 3,92% respectivamente.

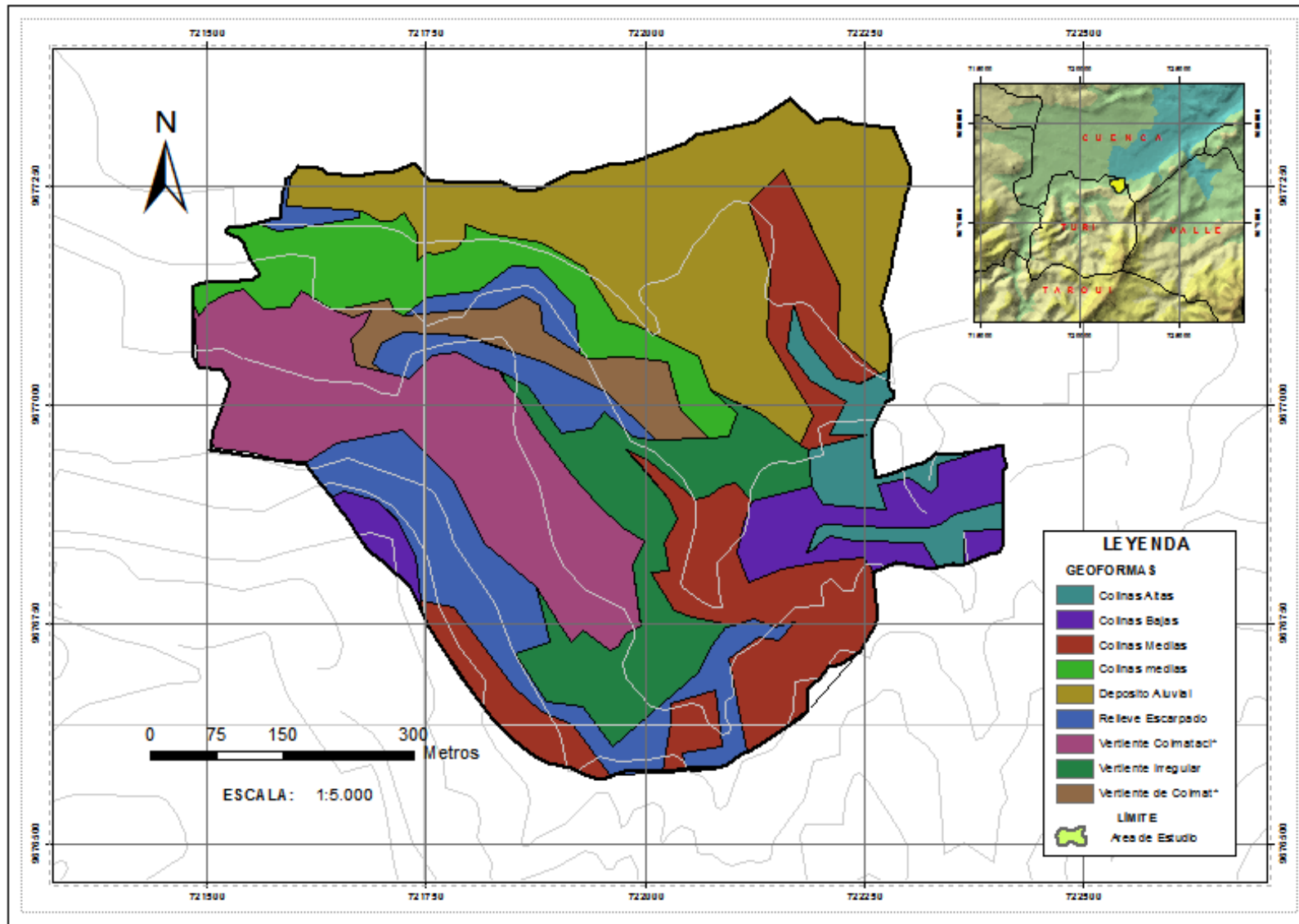
En la tabla 4.5, muestra los resultados y descripción de las geoformas presentes en el área de estudio.

Tabla 4.5 Resultado cualitativo y cuantitativo del factor morfológico (S_{GM}) de la zona de estudio

INDICADOR (Factor)	INDICADOR Rangos Geomorfológ	DESCRIPCIÓN	AREA ha	% DE AREA
Geomorfología (S_{GM})	Llanuras Aluviales de Depositación	Producto depósitos y acumulación de materiales erosionados y sedimentos	9,98	21,95
	Vertientes de Colmatación	Materiales heterogéneos con altos niveles de meteorización	9,49	20,93
	Colinas Bajas	Elevaciones del terreno de forma convexa de poca altura	2,64	5,83
	Colinas Medias	Elevaciones del terreno de forma convexa de mediana altura	10,78	23,79
	Colinas Altas	Elevaciones del terreno de forma convexa con inclinación fuerte	1,78	3,92
	Vertiente Irregular	Superficie inclinada con diversos desniveles en su pendiente	4,60	10,15
	Relieve Escarpado	Superficies con pendiente pronunciadas e irregulares, desniveles abruptos	6,05	13,35

Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.3 Componentes geomorfológicos del área de estudio.



Fuente: IGM, 2007 Elaborado: Pesantez, 2017

4.1.1.3 Pendiente

Se establece la pendiente de la zona de estudio mediante el cálculo del porcentaje de inclinación del terreno, referente a información y datos correspondientes a estudios topográficos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del año 2011, se realizó el mapa de pendientes a partir de las curvas de nivel, clasificando el relieve mediante rangos de porcentajes de pendiente con base al criterio establecida anteriormente en la tabla 4.6.

a) Mapa de Pendientes

Para la elaboración de este mapa se utilizó la los datos topográficos generados por el proyecto de “Estudios definitivos de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián” del MTOP del año 2011, con curvas de nivel cada 2 metros. (Ver Mapa 4.4)

Se detalla a continuación los pasos para la elaboración del mapa de pendientes:

1. **Creat Tin:** la cobertura de curvas de nivel se transformó en un modelo tridimensional (TIN) con el uso de las herramientas “creat TIN” del programa ArcMap.
2. **Tin to Raster:** una vez obtenido este sub producto (TIN) se realizó un nuevo proceso para transformar la nueva cobertura en una entidad tipo raster que permita ser utilizada para la generación de la cobertura final de pendientes.
3. **Pendientes:** Para este proceso se utilizó las herramientas de análisis espacial “Slope”, en donde se ingresó la cobertura raster para el procesamiento final, en esta etapa se seleccionó la clasificación por porcentajes para después clasificarlos en los siguientes rangos:

Tabla 4.6 Rangos y niveles considerados.

RANGOS	NIVEL PENDIENTE	PESO PONDERADO
0 -15	BAJO	1
15 – 30	BAJO	5
30 -50	MEDIO	5
50 – 70	MEDIO	10
>70	ALTO	10

Fuente: (SGR, s/f.). Elaborado: Pesantez, 2017.

Se categorizó 5 niveles de pendiente con rangos que establece la tabla de la Secretaria de Gestión de Riesgo, con el objetivo de determinar la inclinación de forma cuantitativa y cualitativa; así tenemos:

Áreas que corresponde de 0 a 15% de inclinación, relativamente planas, con el 18,17 ha, que representan el 39,40% del total de la zona, considerando de nivel bajo con valor ponderado 1.

Áreas que corresponden de 15 a 30% de pendiente, catalogados como muy suave a suave, encontramos 14,60ha, que representa el 31,66% del total de la zona, considerando un nivel bajo categorizado con un valor 5.

Áreas que corresponden de 30 a 50% de pendiente, se identifican de suave a media, con 8,18 ha y representa el 17,74 del total de la zona, clasificado un nivel medio categorizado con un valor de 5.

Áreas de 50 a 70% de inclinación del terreno, son catalogados como pendientes pronunciadas medias a fuertes, constituyen 3,83 ha y representa el 8,30% del total del área de estudio, nivel medio clasificando con valor ponderado de 10.

Y por último áreas con inclinaciones superiores a 70% de pendiente denominados fuerte a muy fuerte (escarpes), que constituyen 1,34 ha y son el 2,90% del total de la zona, clasificando un nivel alto y un valor ponderado de 10.

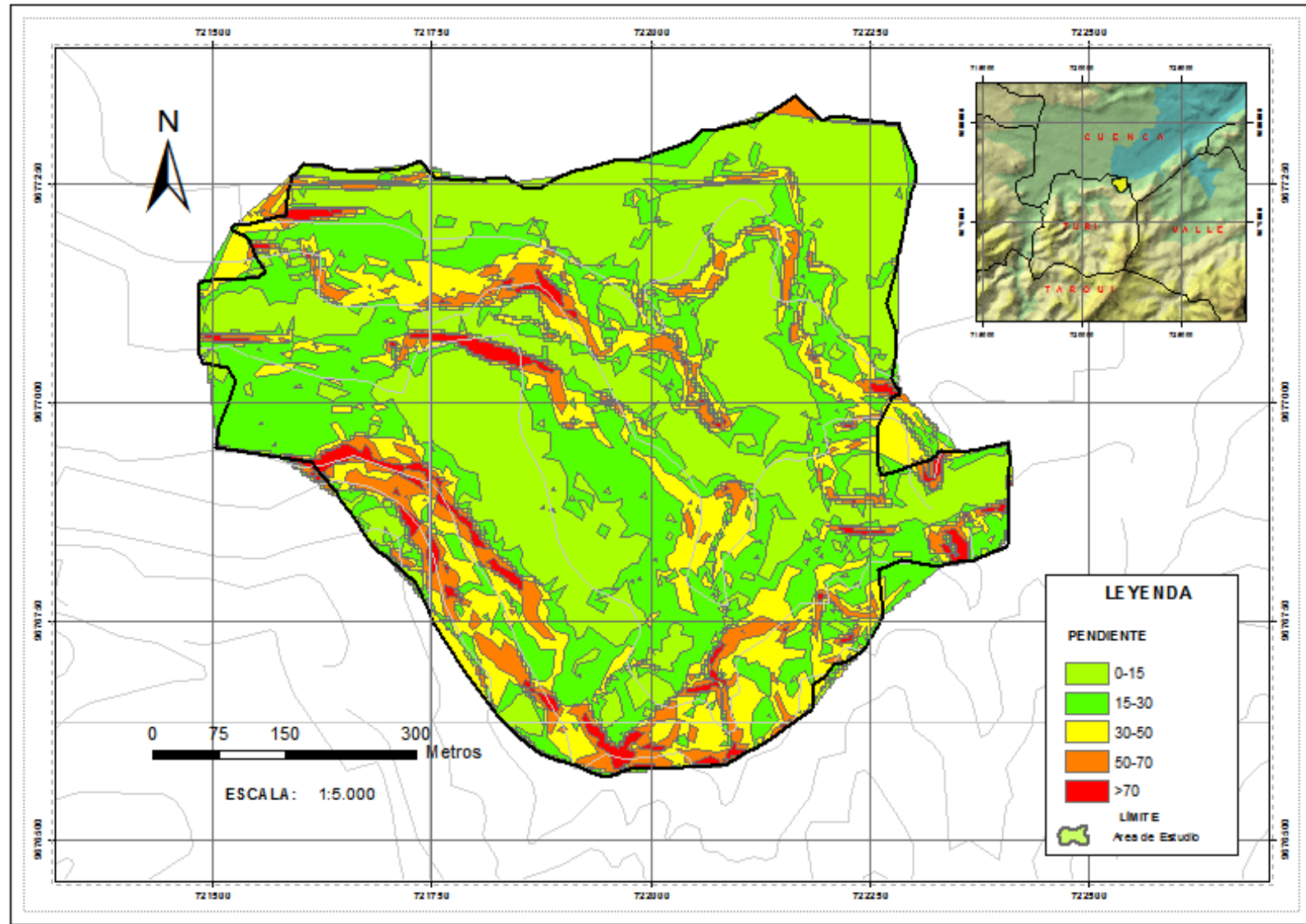
A pesar que es gran parte del área de estudio, presenta pendientes medias a suaves, incluyendo la que delimita una amenaza alta, esto se atribuye al tipo de material considerado de permeabilidad baja, sumado, la alteración antrópica identificado por la construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián, además de constricciones de gran tamaño como el de la Universidad del Azuay, hace que aumente la susceptibilidad y activación del deslizamiento.

Tabla 4.7 Resultados cualitativos y cuantitativos del factor Pendiente (S_p), clasificación de pendientes en la zona de estudio.

INDICADOR (Factor)	INDICADOR Rangos de Pendiente	DESCRIPCIÓN	AREA ha	% DE AREA
Pendiente en % (S_p)	0 -15	Plana a muy suave, comprende pendientes inadvertidas	18,17	39,40
	15 - 30	Muy suave a suave, comprende pendientes con inclinación poco pronunciadas	14,60	31,66
	30 -50	Suave a media, comprende pendientes pronunciadas	8,18	17,74
	50 - 70	Media a fuerte, comprende pendientes muy pronunciadas	3,83	8,30
	>70	Fuerte a muy fuerte, comprende pendientes escarpadas	1,34	2,90

Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.4 Grado de pendientes del área de estudio.



Fuente: (Basade R., 1998). Elaborado: Pesantez, 2017.

4.1.1.4 Factor Hidrogeología

En el factor hidrogeológico, se analiza la relación entre la conducta de los movimientos de los cauces hídricos (almacenamiento y afloramiento) y su paso por los materiales de las capas litológicas, principalmente de los estratos superiores que conforma el terreno; esta interacción influye directamente en las características del suelo que lo hace propenso o no a dicho comportamiento.

Se establece que los materiales de las capas 1 y 2 del estrato superior, presentan gran cantidad de partículas de arcilla desde la parte superior con un grado alta de plasticidad, determinado por los análisis de los estudios de laboratorio de las perforaciones efectuadas en el área del deslizamiento, estos valores exponen una baja permeabilidad (Suarez Días, 1998), distinguiéndose valores que van de $1,07 \times 10^{-5}$ a $8,08 \times 10^{-7}$, presentan como material característico a la arcilla para parámetros de ese valor; consecuentemente esta capa origina un medio impermeable capaz de estancar el agua y disminuir el cauce hídrico, formando acuíferos superficiales como se evidencia en el punto de la perforación PRT-3, donde el nivel freático es alto (ver tabla 4.4).

En la extensión del terreno, a consecuencia de los cambios climáticos, se diferencian agrietamientos que permiten la infiltración del agua con mayor facilidad debido a precipitaciones o por diferentes causas; a medida que el material alcanza mayor profundidad, estos obtienen un crecimiento del grado de consolidación reduciendo el paso adecuado de las aguas subterráneas creando estancamientos, lo que aumentaría el nivel freático drásticamente.

a) Mapa Hidrogeológico

Para la elaboración del mapa hidrogeológico, se consideró información referente a datos obtenidos por el mapa de pendientes, se creó un raster a partir de las curvas de nivel y la elaboración del TIN. El proceso metodológico se detalla a continuación:

1. **Créate Fill:** a partir del raster con la ayuda de herramientas “Spatial Analyst tolos” del programa ArcMap en la aplicación Hydrology, se crea un fill.
2. **Flow Direction:** se utiliza el fill para obtener flow direction, este parámetro se lo utiliza para determinar la dirección de los cauces y categorizarlos a partir de la pendiente.
3. **Flow acumulation:** con el paramento de dirección, se requiere establecer la acumulación de los cauces, donde se referencia el sentido que toma los cursos de agua.

Cauces: obtenidos los datos de la acumulación, se realiza el cálculo con Map Algebra, definiendo la cantidad de aporte.

Se distinguen cauces con una longitudes menores a 500 metros, por lo que se categorizan dos tipos de cauces con valores de pesos ponderados de 1 y 5 respectivamente (ver anexo 5); estos valores se los relaciona con los datos de los materiales litológicos que compone el suelo del área de estudio.

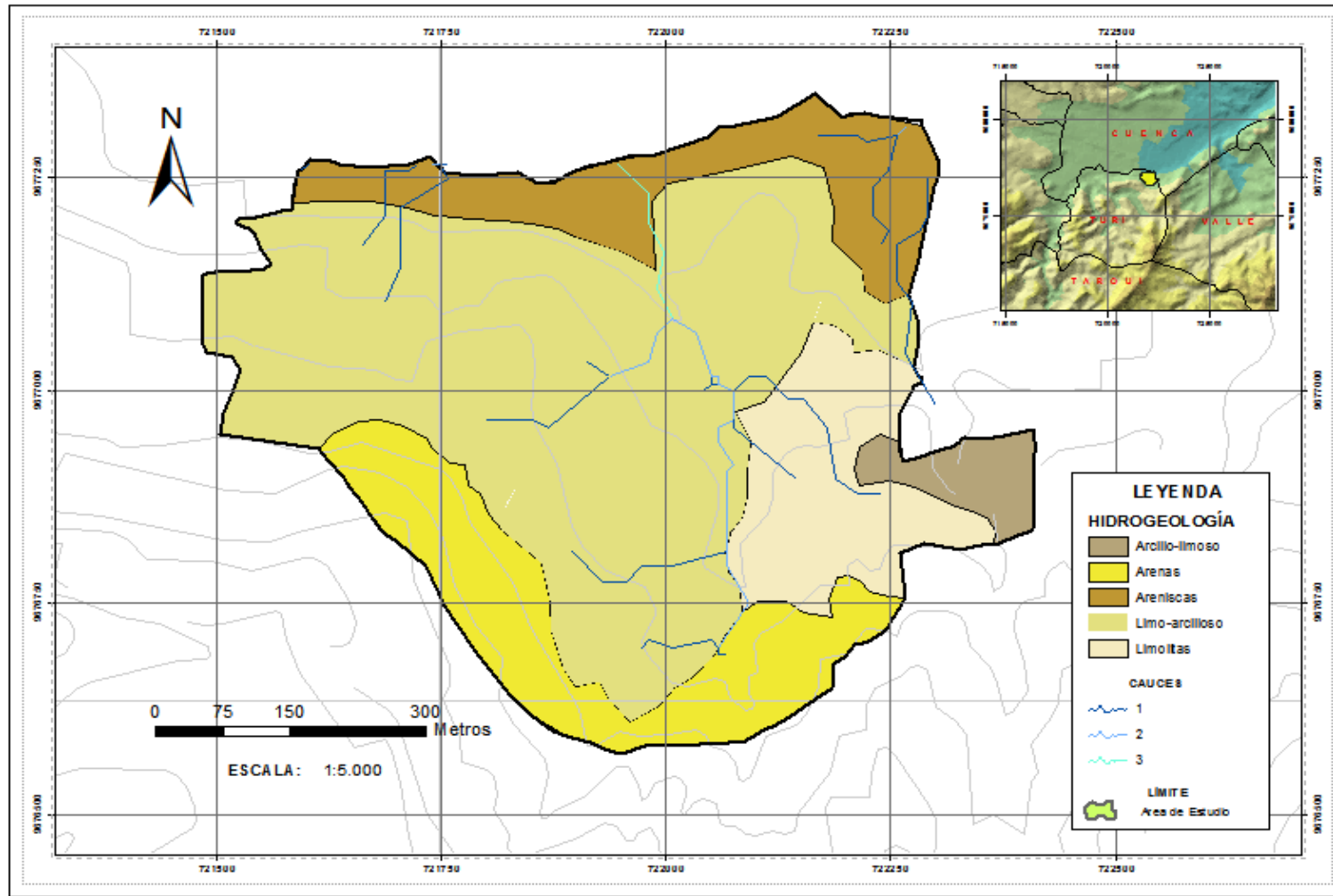
Tabla 4.8 Factor hidrogeológico (S_{HG}) del área de estudio.

INDICADOR (Factor)	Cauce	Longitud	Peso H	Litología	Peso L	Promedio
HIDROGEOLOGÍA (S_{HG})	1	102,9	1	Areniscas	1	1
	2	5,8	1	Areniscas	1	1
	1	12,2	1	Areniscas	1	1
	1	132,7	1	Areniscas	1	1
	1	146,3	1	Areniscas	1	1
	1	186,0	1	Limos	5	3
	1	1,1	1	Areniscas	1	1
	2	477,9	5	Arcillo-limoso	10	7,5
	1	31,0	1	Arcillas-limoso	10	5,5
	2	268,2	5	Limo-Arcilloso	5	5
	1	10,3	1	Arcillo-limoso	10	5,5
	1	1,9	1	Arcillas	10	5,5

INDICADOR (Factor)	Cauce	Longitud	Peso H	Litología	Peso L	Promedio
HIDROGEOLOGÍA (S _{HG})	1	263,1	1	Areniscas	1	1
	1	0,5	1	Arcillas	10	5,5
	1	256,2	1	Areniscas	1	1
	2	321,2	5	Arcillas	10	7,5
	1	196,0	1	Arcillas	10	5,5
	1	95,5	1	Limo-arcilloso	5	3
	1	0,0	1	Arcillo-limoso	10	5,5
	1	0,0	1	Arcillas	10	5,5

Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.5 Hidrogeológico del área de estudio.



Fuente: 2 Fuente: IGM, 2007 Elaborado: Pesantez, 2017.

4.1.1.5 Factor Uso de Suelo y Cobertura Vegetal

Este componente se encuentra relacionado a las actividades que realiza el hombre, quien transforma el relieve y cambia en ciertas zonas el uso del suelo, estas modificaciones alteran las características intrínsecas específicas o natural del terreno, en áreas con pendiente, al irrumpir de una u otra manera se condiciona a que aumente la inestabilidad en laderas y taludes con acciones como deforestación, remoción, perforaciones, rellenos, etc., muy comunes en áreas rurales como la parroquia Turi que buscan la expansión como consecuencia de incrementarse la densidad poblacional, esto se debe en gran parte a que colinda con la cabecera del cantón Cuenca, por otra parte los propietarios de los terrenos, disgregan la vegetación existente con el fin de ocupar estas áreas en actividades agrícolas y agrarias, lo que causa desequilibrio y fragilidad del suelo.

Además, el aumento de la saturación, erosión, meteorización física, biológica y química, etc. son las causas más comunes como consecuencia de la modificación a la que se encuentra día a día; las actividades antrópicas intervienen de manera drástica que desencadenan los eventos de movimientos de masa, debido a que no se realizan estudios técnicos para determinar el tipo de suelo y cuáles son las propiedades y características de los materiales heterogéneos que se encuentran en esta zona; se exterioriza alteraciones y niveles altos de susceptibilidad a deslizamientos.

Se ha establecido para el análisis de este factor de uso de suelo y cobertura vegetal en seis categorías claramente identificadas que nos permitirán establecer rangos para interpolarlos y obtener resultados.

En el área de estudio con un 64,83% del total, corresponde a 29,02 ha de zona urbana, utilizada por la población con viviendas, infraestructura y obras civiles, servicios básicos, etc., donde se han realizado cortes, incremento de peso sobre laderas, interrupción de causas hídricas naturales; con base en la tabla de rangos de la Secretaria de Gestión de Riesgos (ver anexo 2), se calificó como nivel bajo con un valor ponderado de 1.

Los bosques con un 4,43 ha representan el 9,90% del total del área, con presencia de pinos en mayor cantidad, clasificando un nivel bajo y un valor ponderado de 1.

La descripción de bosque intervenido, delimita un área de 0,54 ha correspondiente al 1,21% con respecto al total, clasificando de nivel bajo y un valor de ponderación de 1.

Con un área de 0,41 ha, la descripción de matorrales, mismos que presentan arbustos de mediana y baja altura, corresponde al 0,92% del total de la zona, clasificando con un nivel de bajo y un valor ponderado de 1.

La descripción de cultivo de ciclo corto, se identifica un área con el 8,6 ha de terrenos y se adjudica el 19,21% del total de la zona, clasificado en nivel medio y su valor ponderado es 5.

Por último, se poseen suelos desnudos que representan mayor problema, debido a su fácil erosión, procesos de meteorización y modificación de las propiedades del suelo, con un área de 1,76 ha que constituye el 3,93% del total del área de estudio, se categoriza de nivel alto y un valor ponderado de 10.

a) Mapa Uso y Ocupación del Suelo

El mapa de uso y ocupación de suelo, se lo realizó mediante fotografías aéreas escala 1:5.000, el proceso de modelado se lo ejecutó en el programa SIG, confirmadas en campo y digitalizadas como polígonos en formato vector (ver mapa 4.6 y tabla 4.9); clasificándolas de la siguiente manera:

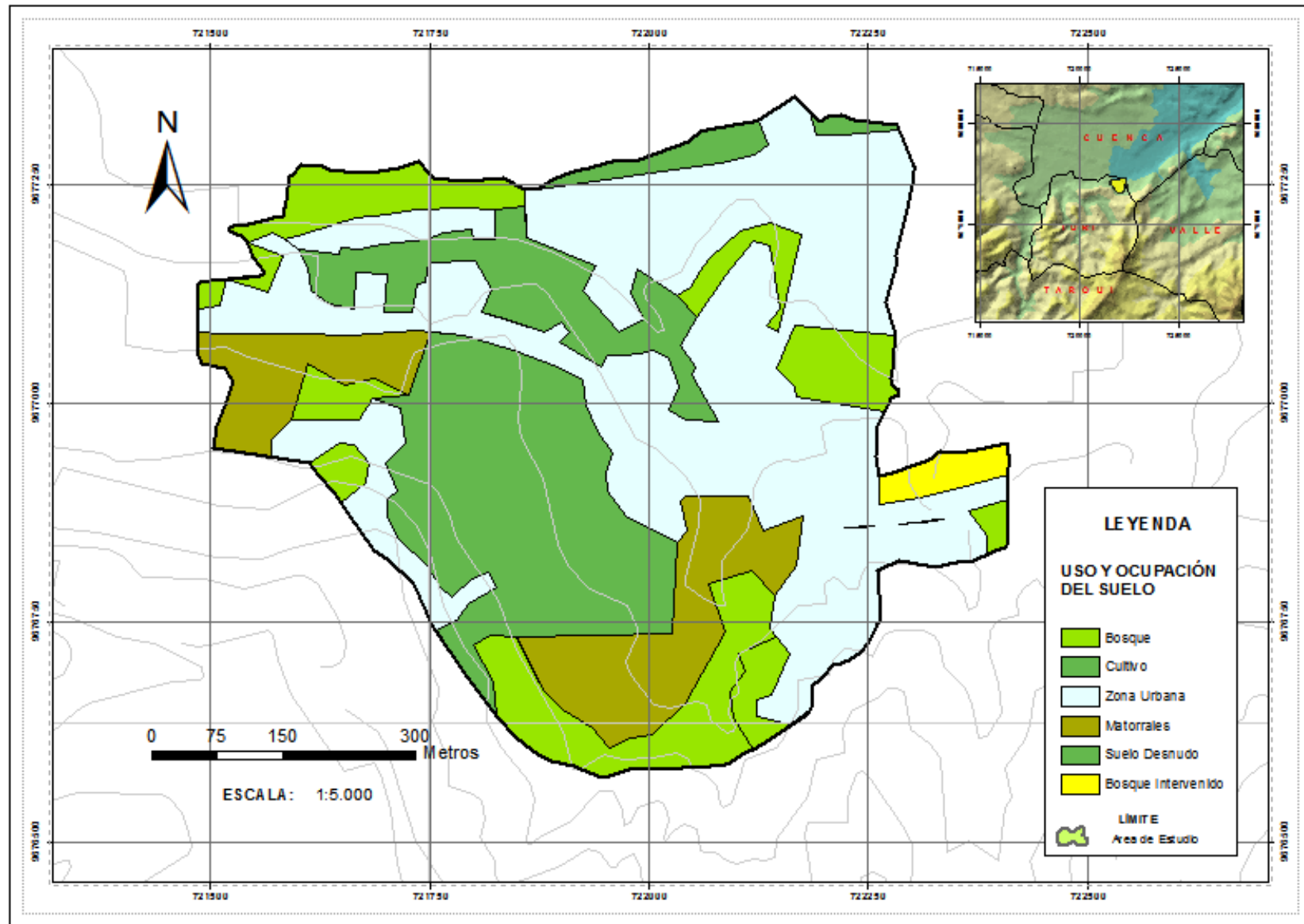
Tabla 4.9 Resultados cualitativos y cuantitativos del factor Uso y ocupación del suelo (S_U).

INDICADOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	AREA	% DE
-----------	-----------	-------------	------	------

(Factor)			ha	AREA
Uso y Ocupación del Suelo (S_U)	Área Urbana	Zona donde se encuentra viviendas, obras civiles, infraestructura.	29,02	64,83
	Bosques	Eco sistema predominante de vegetación arbórea y de gran extensión	4,43	9,90
	Bosque Intervenido	Eco sistema primario alterado entrópicamente de forma negativa para otros fines	0,54	1,21
	Matorrales	Constituido principalmente de flora con alturas intermedias a bajas, monte bajo	0,41	0,92
	Cultivo de Ciclo Corto	Áreas utilizadas para la agricultura	8,6	19,21
	Suelo Desnudo	Áreas deforestadas con distintas finalidades	1,76	3,93

Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.6 Áreas del factor uso y ocupación del suelo del área de estudio.



Fuente: IGM, 2007. Elaborado: Pesantez, 2017.

4.1.2 Factores Detonantes

Para el presente trabajo, se clasificó los siguientes factores de disparo, considerando que presentan mayor influencia dentro de la zona y que representa un grado de amenaza importante como son: la precipitación y la sismicidad. A continuación se definirán las características y propiedades de estos factores de manera cualitativa y cuantitativa que influyen en el área de estudio.

4.1.2.1 Precipitación (T_P)

La precipitación es el factor detonante más frecuente que se encuentra en todo escenario, su comportamiento si bien se lo considera cíclico, este no siempre cumple esta condición; en la zona de estudio se identificaron parámetros meteorológicos que corresponden a periodos de lluvias máxima en 24 horas y lluvias anuales de estaciones adyacentes a la zona de estudio; la obtención de estos datos se los formalizo del Anuario Meteorológico del Ecuador de distintos años, en especial los que corresponden al periodo del Fenómeno del Niño de 1998, año que fue considerado como de mayor grado pluviométrico y fue en esta época contemporánea que se denotó el deslizamiento en de Turi.

El anuario de este periodo, exhibe datos muy valiosos que muestran una diferencia en comparación con los otros años; la información utilizada concierne a las estaciones meteorológicas que se encuentran cerca al área de estudio. Estas son: Ricaurte, Jacarín, Sayausí y Cumbe. (Ver anexo 4).

El trazado se lo realizó en el área de estudio y sectores aledaños, mediante una red de isoyetas de precipitaciones medias anuales y de periodo máximo 24 horas, con un rango de 3 mm de diferencia para poder interpretar en una zona pequeña. (Ver anexo 10)

a) Mapa de Isoyetas

El cálculo para establecer la cobertura de este mapa fue en función de los datos registrados por las estaciones meteorológicas que se constituyeron cercanas al

área de estudio, con valores del anuario meteorológico del Ecuador de diferentes años, interpolándolos con la herramienta ArcMap Interpolation. (Ver mapa 4.7 y 4.8).

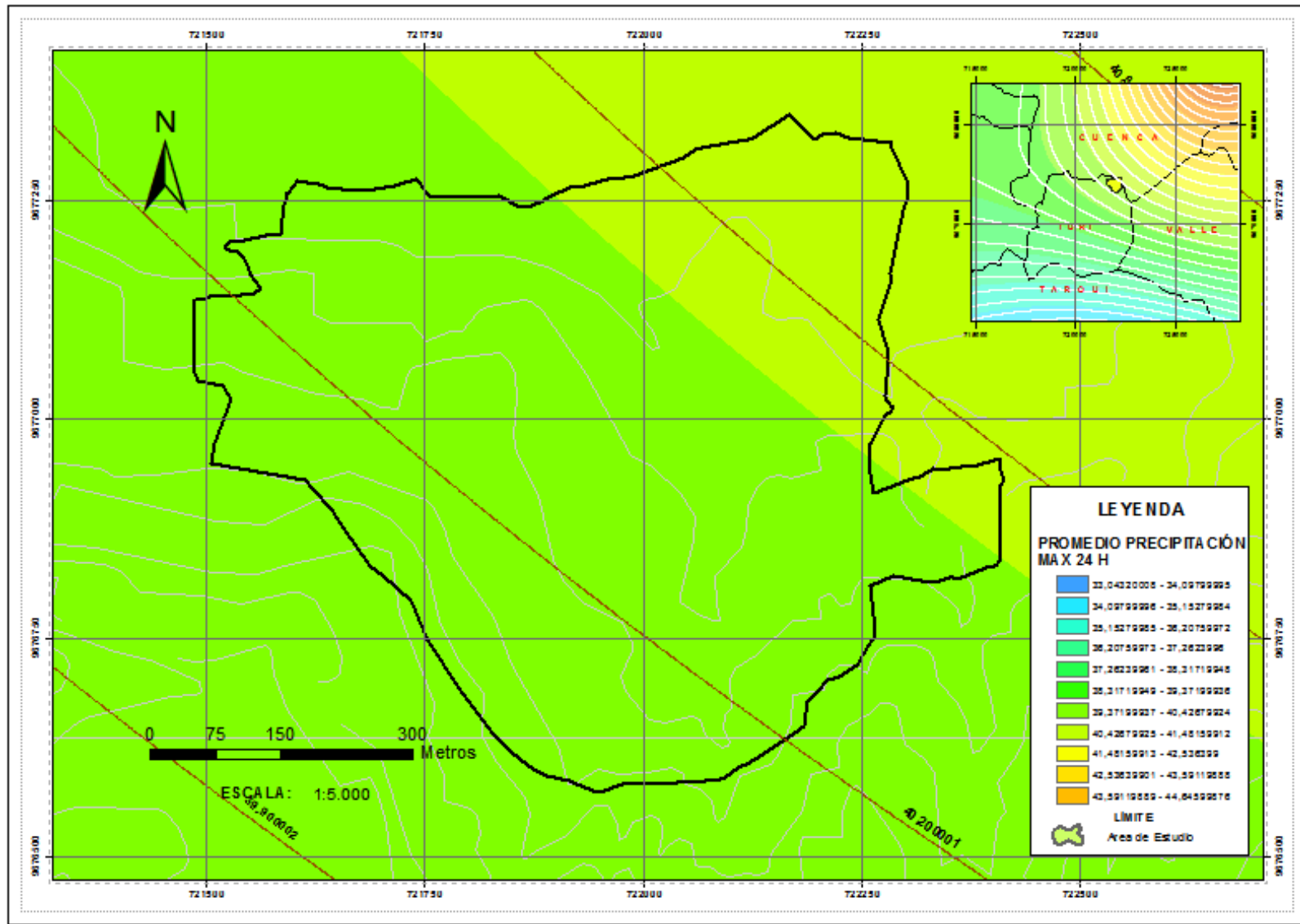
Tabla 4.10 Resultado del factor desencadenante de precipitación (T_p).

INDICADOR (FACTOR)	ESTACIÓN	CÓDIGO Estación Meteorológica	PRECIPITACIÓN TOTAL	
			Anual (mm)	Máxima 24 H. (mm)
PRECIPITACIÓN (T_p)	Jacarín	M-197	1125,4	229,4
	Cumbe	M-418	714	12,6
	Ricaurte- Cuenca	M-426	1345,4	92,3
	Sayausí	M427	1254,1	33,1

Elaborado: Pesantez, 2017.

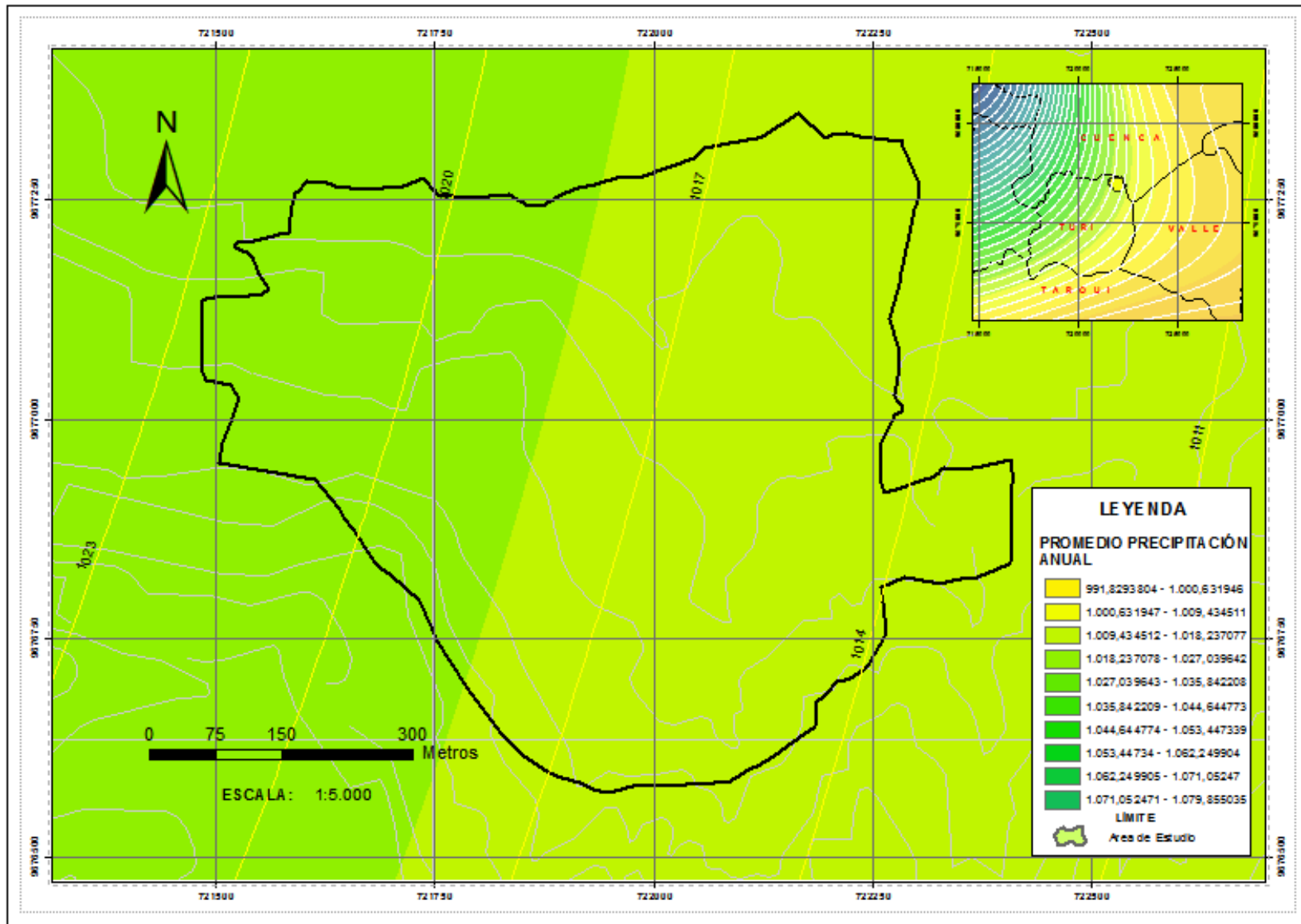
Una vez obtenidos los resultados de la superposición de la información de las estaciones meteorológicas, a través de modelado de mapas en el sistema de información geográfica SIG, muestran dentro de la zona de estudio, una precipitación anual entre 1.213mm y 1.223mm, mientras que para el periodo máximo de precipitación en 24 horas se generaron valores entre 37 mm y 42 mm; rangos que al comparar con la tabla de la S.G.R. corresponden a un nivel bajo, debido a que se encuentra entre el promedio de 1250 y de 100 mm respectivamente al que se consideró un valor ponderado de 1; sin embargo para nuestra interpolación final para el mapa de amenaza, hemos considerado los valores de la estación meteorológica de Ricaurte, esta tiene valores de 1345,4 mm de precipitación anual, por considerarlo un escenario de mediana incidencia, con un valor ponderado de 5.

Mapa 4.7 Isoyetas de precipitación máxima en 24 horas que influyen en el área de estudio.



Fuente: (INAMHI & del, 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.8 Isoyetas de precipitación anual que influyen en el área de estudio.



Fuente: (INAMHI & del, 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

4.1.2.2 Sismicidad

Diferentes investigadores reconocen que los componentes, propiedades y características de un suelo se los puede relacionar semi empíricamente a movimientos por cargas cíclicas, relacionando este comportamiento con el valor N (número de golpes) de los ensayos de penetración estándar.

Sin embargo, estas conjeturas presentan limitaciones y muchos valores que no presentan correlación alguna, razón por la cual siguen siendo estudiadas, determinando un análisis semi empírico.

Tabla 4.11 Zona sísmica correspondiente al área de estudio.

ZONA SISMICA	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	FACTOR Z
II	Cuenca	Cuenca	Azuay	0,25 g

Fuente: (NEC, 2015). Elaborado: Pesantez, 2017.

Por otro lado se debe tener en cuenta la historia de los eventos sísmicos que influenciaron al área de estudio.

En la ciudad de Cuenca se han presentado movimientos telúricos provenientes en su mayoría de la interacción de las placas tectónicas, que por su distancia no ha ocasionado mayores consecuencias ya que las ondas al atravesar las capas disminuye su intensidad; la principal amenaza sísmica para la ciudad de Cuenca y consiguientemente a nuestra zona, es el sistema de fallas compuestas por la Falla Girón (Bustos, 2010), mismo que se le atribuye el terremoto del año 1913 con una magnitud de 6 grados en la escala Richter, según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

A partir de los datos antes mencionados se categorizó el nivel de amenaza sísmica, se generalizó como grado de magnitud mayor a 5 grados de la escala Richter de los movimientos registrados en los últimos cien años que afectaron

el área de estudio, se consideró como base los eventos: 7 de enero de 1901, 23 de febrero de 1913 y 27 de julio de 1971 (Bustos, 2010).

Según estudios del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2011), se establecieron parámetros para un análisis sísmico de la construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián, mismos varían en su resultado, por una parte la NEC del año 2015 establece su localización en la zona sísmica II con un valor de 0,25 g de aceleración en roca, cabe mencionar que la mayor parte de la vía se encuentra en la provincia del Cañar. Por otra parte, el MTO en el año 2011 realizó varios análisis de sísmica de refracción, estableciendo para el área de estudio (deslizamiento de Turi), un factor de aceleración en roca de 0,45 g, este valor se utilizará para el presente trabajo, por considerar como peor escenario.

Para obtener un mejor criterio en cuanto a los resultados de la interpretación al factor desencadenante sísmico, se estableció en función de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015), para el tipo de suelo, y al definir la aceleración máxima en roca determinado por el factor Z del área de estudio con respecto a esta, da un valor a nuestra área una zona sísmica II con un factor Z de 0,25 g. (Ver tabla 4.11); sin embargo, los estudios realizados (MTO, 2011), considera un valor de 0,45 g, para el área de estudio, el cual utilizaremos por representar un mayor escenario de peligro que denota una zona sísmica V, de categoría de peligro sísmico alta. (Ver anexo 7)

Además, se consideraron los eventos sísmicos mayores a 6 grados en la escala de Richter que han afectado al área de estudio, aunque no son muchos, pero suficiente para categorizar el peor escenario con un nivel alto de valor 10.

Tabla 4.12 Ponderación del factor sísmico (T_s)

INDICADOR (FACTOR)	DESCRIPCIÓN	ZONA SISMICA	PESO PONDERADO	CATEGORIZACIÓN PELIGRO SÍSMICO
SISMICIDAD (T_s)	Magnitud 6 escala Richter, sismo 1913. Factor Z de aceleración en roca 0,45 g estudio MTO del 2011	V	10	ALTO

Fuente: (NEC, 2015), (MTO, 2011), (Bustos, 2010). Elaborado: Pesantez, 2017.

Para este factor no se necesitó elaborar el mapa, debido a que se trata de un valor constante, que delimitaría el área de estudio con un solo nivel de caracterización.

4.1.3 Mapa de Susceptibilidad y Amenaza a deslizamiento en el área de estudio

En la tabla 4.13, se muestran los factores condicionantes y desencadenantes, con los valores de indicador, pesos de ponderación y valor máximo, utilizados en la elaboración del mapa de susceptibilidad y amenaza de deslizamiento.

Tabla 4.13 Elementos de los factores con su indicador, peso ponderado y valor máximo.

Variable	Indicador	Escalas del Indicador	Valor Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo
Factores Condicionantes o de Susceptibilidad (S)	Geológico-litológico (S _{el})	Limolitas secuenciales, lutitas y areniscas fino granulares de color claro arenisca tobácea gruesa de color café	5	2,5	25
		conglomerados de base, arenas, arcillas, tobas y brechas estratificadas conglomerados con aportes volcánicos y areniscas	5		
		Material Heterogéneo Limo Arcillosa de grano fino con micro fragmentos	10		
		Arcillas, Limos, Areniscas y Limolitas	5		
		Material suelto heterogéneo de baja compacidad	10		
	Geomorfológico (S _{em})	Llanuras Aluviales de Depositación	1	1	10
		Vertientes de Colmatación	10		
		Colinas Bajas	5		
		Colinas Medias	5		
		Colinas Altas	5		
		Vertiente Irregular	5		
		Relieve Escarpado	5		
	Pendiente (S _p)	0 -15	1	2	20
		15 – 30	1		

		30 -50	5		
		50 – 70	5		
		>70	10		
Variable	Indicador	Escalas del Indicador	Valor Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo
Factores Condicionantes o de Susceptibilidad (S)	Hidrogeológico (S_{HIG})	Arcillas	10	2,5	25
		Limos	5		
		Arenas	1		
		Gravas	1		
	Uso y Ocupación del Suelo (S_U)	Área Urbana	1	1	10
		Bosques	1		
		Bosque Intervenido	1		
		Matorrales	1		
		Cultivo de Ciclo Corto	5		
		Suelo Desnudo	10		
Factor Detonante (T)	Precipitación (T_P)	1345,4 (mm) promedio anual	5	0,5	2,5
	Sismicidad (T_S)	Magnitud 6 escala Richter, sismo 1913. Factor Z de aceleración en roca 0,45 estudio MTOP del 2011	10	0,5	5
TOTAL				10	97,5

Fuente: (Paucar, 2016) (INAMHI & del, 2014) (MTOP, 2011), (NEC, 2015). Elaborado: Pesantez, 2017.

g) Mapa de susceptibilidad a deslizamiento

Este mapa es la interpolación de los mapas de factores condicionantes, cuyos valores se les asignó un peso ponderado de acuerdo a los criterios enunciados en la tabla 4.13, para intersección de los factores condicionantes se utilizó el programa SIG el “Map Algebra”, como resultado, se obtuvo micro zonas categorizadas en tres niveles (alto, medio, bajo), mismos que detallan (ver mapa 4.9) zonas propensas a deslizamientos.

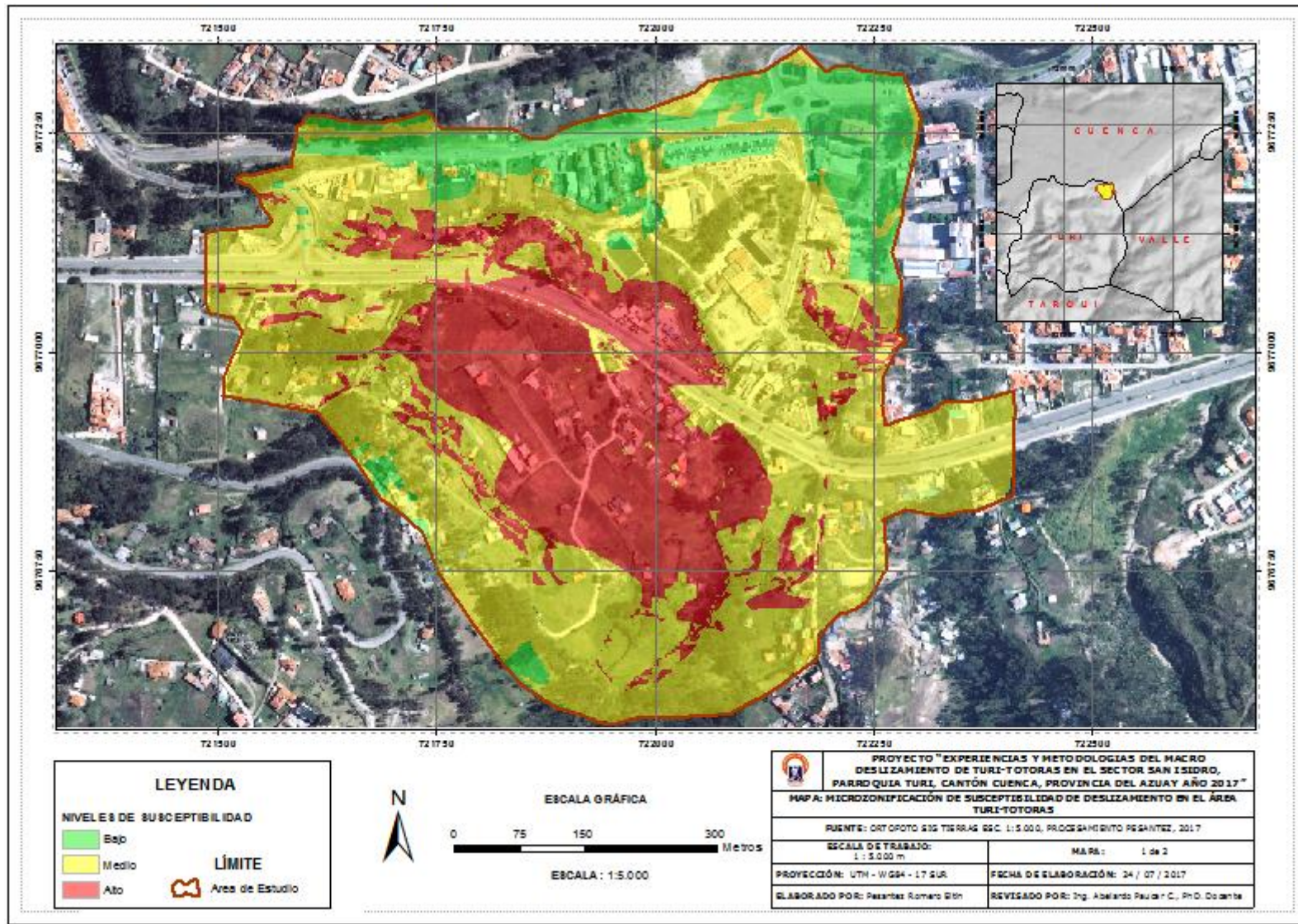
Los resultados establecen tres áreas con niveles de susceptibilidad: con un 58,71% del total, corresponde a 26,3 hectáreas, categoriza un nivel medio; con el 27,46% del total, corresponde a 12,3 hectáreas, categoriza un nivel alto; y, con el 13,84 del área total, corresponde a 6,2 hectáreas, categoriza un nivel bajo.

h) Mapa de Amenaza a deslizamiento

Por último, una vez obtenido el mapa de susceptibilidad, se le agregan los datos de los factores desencadenantes (sismicidad y precipitación), de igual forma con pesos ponderados. Como resultado se obtuvo zonas con tres niveles de amenaza bajo, medio y alto (Ver mapa 4.10).

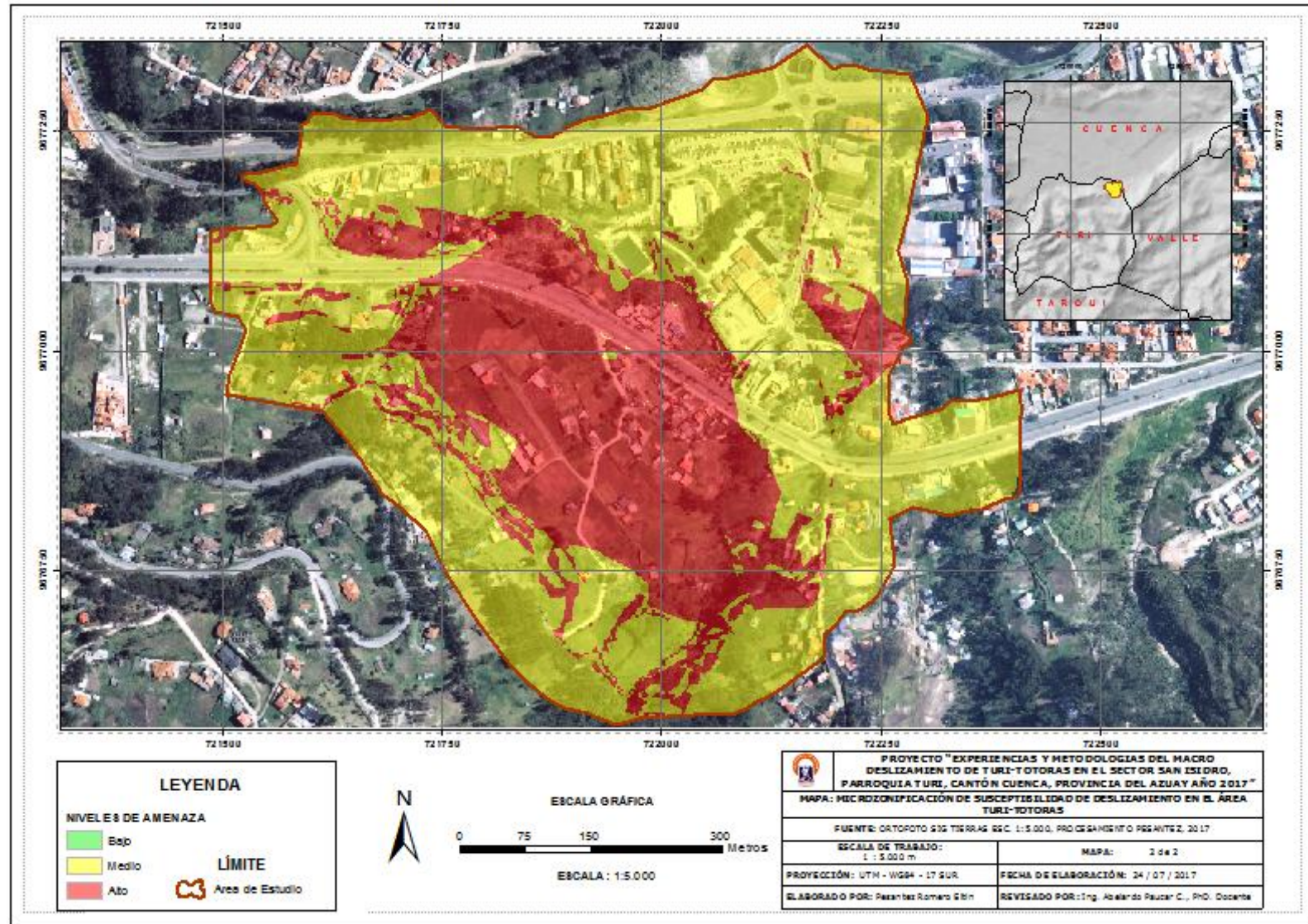
Los resultados finales, establecen dos niveles de amenaza: con un 72,54% del total del área de estudio, corresponde 32,5 hectáreas, se define un nivel medio; y, con el 27,45% del total, corresponde a 12,3 hectáreas, identificado un nivel alto.

Mapa 4.9 Susceptibilidad a deslizamiento.



Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.10 Amenaza a deslizamiento.



Elaboración: Pesantez, 2017.

4.2 Resultado del Objetivo 2: Medidas de Mitigación Implementadas para la Estabilización del Deslizamiento

4.2.1 Medidas estructurales

El deslizamiento de Turi se lo puede catalogar como un movimiento de tipo mixto (traslacional y rotacional), ya que en la parte alta, la superficie de ruptura expresa una geometría semicircular y desde la mitad del cuerpo hacia el pie un deslizamiento traslacional planar; como consecuencia de las características particulares de este deslizamiento y la cantidad de masa deslizada, se realizaron trabajos específicos como la intervención hidrogeológica a través de la obtención de un factor de seguridad con varias metodologías como la de retro análisis, estático y dinámico de Jambu con distintos niveles de saturación para el suelo, lo que permitió un mejor resultado reflejado en el método estático Jambu abatido a 5 metros con datos del factor de seguridad en 1,24 y el incremento del abatimiento del grado de estabilidad del terreno. Esta condición si bien reflejaba un valor adecuado del factor de seguridad a 1.2, no muestra los problemas que presenta las condiciones particulares del suelo cuando el aumento en el grado de saturación, derivando en un aumento de presión intersticial en los poros de los materiales; otro factor que preocupaba es la heterogeneidad de los materiales presentes, haciendo difícil definir un comportamiento significativo ante los esfuerzos actuantes que pudo desencadenar en la continuidad del movimiento.

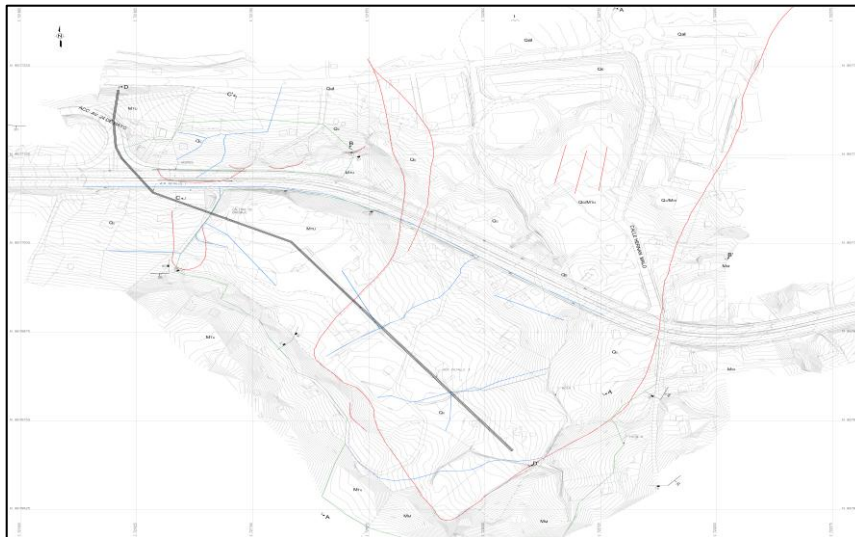
Las obras y medidas de mitigación en el área de estudio, detalladas a continuación son trabajos realizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) Regional Cañar.

El terreno presenta altos niveles de humedad en el suelo, se propuso realizar trabajos complementarios que ayuden a disminuir esta condición y la consecuente estabilización del talud; para resolver la disminución del grado de saturación, se propuso acrecentar la profundidad de los drenes, los estudios geológicos referían el incremento de la estabilidad con la disminución del nivel freático con la finalidad de disminuir la presión y peso que ocasiona la

acumulación de agua debido a su poca permeabilidad por la gran cantidad de arcilla presente en los materiales, además de restablecer los causes hídricos naturales, los cuales fueron alterados, sin considerar la sobre explotación de los suelos por parte de los habitantes del sector, quienes realizaron deforestación, incremento de viviendas, lo que pudo haber aumentado el peso de la masa, de esta forma provocó la inestabilidad.

Al continuar el movimiento con una menor aceleración con una posible consecuencia de los periodos pluviométricos bajos, sumado la irregularidad morfológica, la geometría de la masa inestable y el uso actual del suelo se realizaron estudios de análisis retrospectivos de modelos geológicos para el cálculo del factor de seguridad en el talud, determinando la decisión de trabajar con el método de Jambu para una superficie predeterminada; no obstante, se verificó que el nivel freático obtenido por los resultados de los análisis de las perforaciones realizadas se encuentra en un nivel mayor a lo esperado, lo cual es un problema para la toma de decisión del tipo de obra que ayudaría a la estabilización; como solución para la estabilización de la ladera, luego de realizar varios modelamientos preestablecidos, se determinó que para reducir el nivel de saturación del suelo, y el consecuente aumento del factor de seguridad, se debía realizar un drenaje profundo en la parte alta del deslizamiento con el fin de reducir la presión de peso en los poros por efecto infiltraciones producidas por escorrentías superficiales como se muestra en la figura 3.1.

Figura 4.1 Plano de la ubicación del sub dren como obra de mitigación.

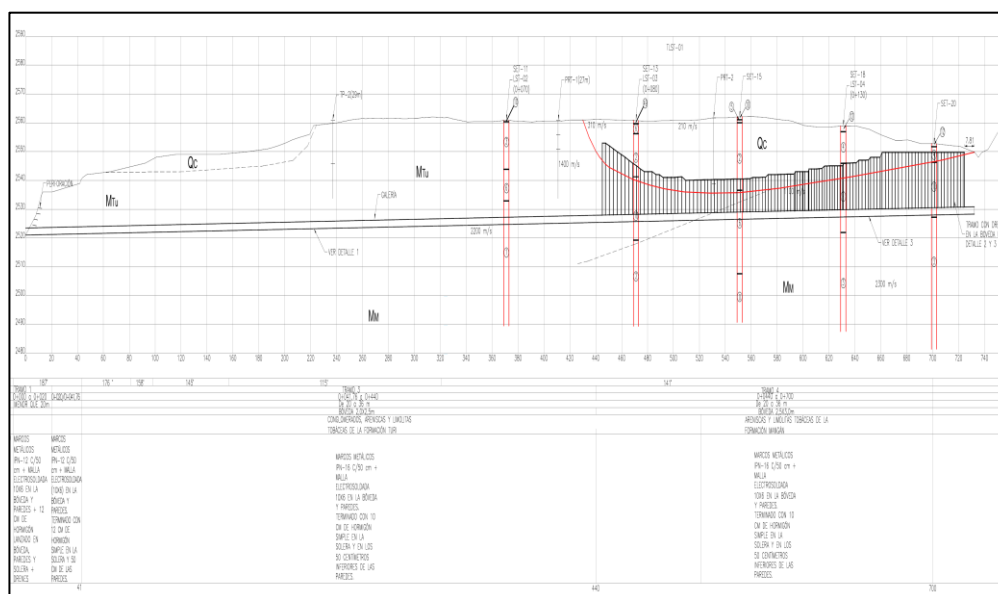


Fuente: (MTO, 2011).

Por otra parte, para disminuir el flujo de agua subterránea, se implementó una galería de drenaje en la corona del deslizamiento y un sub dren ubicado en la parte alta de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián (parte media del deslizamiento), ya que por la forma irregular de la superficie del terreno, desfavorece realizar un sistema de drenajes subterráneos.

Con el objetivo de controlar las escorrentías e infiltraciones como consecuencia de las precipitaciones que aportan gran cantidad de agua ya que se encuentran algunos cursos hídricos arraigados, los mismos que conducen el agua hacia el área de afectación, se propuso la construcción de zanjas drenantes o comúnmente llamadas cunetas de coronación a fin de controlar la escorrentía y disminuir las infiltraciones; alternando con la construcción de una galería de drenaje con sub drenes orientando los cauces hacia unas bóvedas de almacenamiento para luego descargar el agua hacia la quebrada Totoras, esta debe mantenerse limpia para que no exista problemas a la hora de la evacuación (ver figura 3.2).

Figura 4.2 Plano de drenes filtrantes.



Fuente: (MTO, 2011).

En la parte media del deslizamiento, se presentan múltiples inconvenientes con la vía rápida, ocasionando malestar y la constante afectación; se realizaron acciones de mitigación a través de la construcción de dos muros de gaviones armado acompañado de un sistema de drenaje sobre la carretera.

Además, se implantó hitos de control para el monitoreo constante de posibles activaciones mediante un control topográfico, ubicados cada dos hectárea, mismos que deben estar conectados a sitios firmes ubicados fuera del áreas deslizable; las comprobaciones de los valores topográficos se los realiza con una periodicidad de al menos cuatro veces por mes.

En el siguiente cuadro se resumen las medidas adoptadas, los métodos utilizados y las experiencias aprehendidas en el estudio para la reducción del riesgo del deslizamiento Turi.

Tabla 4.14 Metodologías y experiencias del deslizamiento Turi.

METODOLOGÍA Y EXPERIENCIA DEL DESLIZAMIENTO TURI				
Ubicación de Incidencia	Fecha de trabajos	Metodología Utilizada	Institución Encargada	Experiencias Aprendidas

Medidas No Estructurales				
Ubicación de Incidencia	Fecha de trabajos	Metodología Utilizada	Institución Encargada	Experiencias Aprendidas
Área total del deslizamiento Turi	1999	Micro zonificación geológicas y peligro geomorfológico en función de factores de probabilidad de ocurrencia ante eventos de magnitud mayor Determinación de los factores condicionante y desencadenantes del área	Comisión de Gestión Ambiental (CGA) del Municipio de Cuenca, a través del “Plan de Manejo Integral de las Colinas Turi-Icto Cruz y Áreas aledañas”	Se reconoció el tipo de movimiento del deslizamiento (en este caso traslacional), además se referenció la profundidad de la superficie de ruptura aproximada a 20 metros. Elaboración de un mapa de peligro a deslizamiento. Identificación de causa detonante, la etapa invernal producto del fenómeno del niño de 1998 alcanzó niveles altos de precipitación continua. Alteración del sistema natural de drenaje por causas antrópicas permitieron que el agua se infiltre como consecuencia hubo estancamiento y saturación de depósitos superficiales y aumento de la presión en la masa, disminución de la resistencia al corte y activación del deslizamiento. Estudio de factores geológicos y morfológicos que abarcaron las colinas aledañas como parte del “Plan de Manejo Integral de las Colinas de Icto Cruz y Turi”.
Área total del deslizamiento Turi	2000	Ordenanza Municipal (Reglamento que Norma la Planificación y Construcción de Obras de Urbanización y de Edificaciones en la Zona de Turi-Icto Cruz y Áreas Aledañas	Ilustre Consejo Cantonal del Municipio de Cuenca	En la ordenanza “Sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca” del año 2000, establece: En el Art. 2 Áreas de baja y sin peligrosidad: se permitirá desarrollar todas las actuaciones que permitan el desarrollo ligadas a En el art. 3 Áreas de media y alta peligrosidad: quedan prohibida toda forma de división del suelo así como la construcción de obras de edificación o construcciones, delimitados por el mismo plan

Parte alta del deslizamiento	2002	Técnicas geofísicas directas (sísmica de refracción)	Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de una consultoría realizado por la Universidad Santiago de Guayaquil	Se determinaron cinco perfiles de sísmica de refracción de forma transversal al deslizamiento en la parte superior, los registros presentaron datos no muy confiables ya que estos no interpretaban las capas de forma concreta
Parte baja del deslizamiento	2002	Técnicas geofísicas indirectas (perforaciones y mediciones topográficas)	Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de una consultoría realizado por la Universidad Santiago de Guayaquil	<p>Topográficamente se instalaron piezómetros, inclinómetros e hitos identificaron movimientos durante el 2002 y 2003.</p> <p>Se instalados en seis pozos, los cuales uno se encuentra totalmente fuera del área de interés, dos fueron colocados en el macizo rocoso fuera del área deslizada, no registran ningún desplazamiento lateral.</p> <p>El inclinómetro se encontraba ubicado en la parte exterior de la grieta lateral que marca el borde oriental del deslizamiento, arriba de los terrenos de la Universidad del Azuay, tampoco registra ningún desplazamiento entre el 30 de octubre y el 7 de enero del 2003.</p> <p>Un inclinómetros se instaló en un pozo ubicado fuera del deslizamiento principal ubicada al occidente del deslizamiento principal. Este inclinómetro registró desplazamientos milimétricos sobre un plano de cizalla a 15 m de profundidad en el contacto suelo/roca.</p>
Ubicación de Incidencia	Fecha de trabajos	Metodología Utilizada	Institución Encargada	Experiencias Aprendidas

Parte baja del deslizamiento	2002	Técnicas geofísicas indirectas (perforaciones y mediciones topográficas)	Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de una consultoría realizado por la Universidad Santiago de Guayaquil	Finalmente, el inclinómetro instalado en el sector del parqueadero dentro de la Universidad del Azuay, ubicado junto al coliseo, las lecturas entre el 29 de octubre y el 21 de noviembre del 2002 no registran desplazamiento; sin embargo, la lectura del 7 de enero del 2003 marca un desplazamiento negativo de casi 7 cm, lo cual induce a concluir que hubo un error de lectura o de procesamiento de los datos; según esta lectura, el plano de deslizamiento se encontraría a 29 m de profundidad lo que también resulta dudoso considerando que este deslizamiento es poco profundo por tratarse casi de una reptación de suelo. En resumen, la información de los inclinómetros no es de gran utilidad.
Dentro del Deslizamiento	2011	Sondeos Eléctricos Verticales	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOTOP) realizado por la empresa Consorcio Austrovías	Se aplicó el dispositivo de Schlumberger, perforaciones a rotación, ensayos de permeabilidad a gravedad tipo Lefranc el cual permite conocer la variación de la permeabilidad en la masa del coluvión.
				No se pudo establecer el punto máximo de resistencia al corte se hace difícil por las condiciones y características del material suelto presente. No se pudo obtener una muestra inalterada por lo que se prefirió establecer este parámetro a través de retro análisis de materiales inestables para alcanzar una mejor aproximación de la resistencia.
	2011	Elaboración de mapa geológico		Dentro del mapa se consideró el área geológicamente, grietas de tracción, escarpes y dirección del movimiento se programaron investigaciones geotécnicas resultado de obtener información del estrato inferior. Se realizó un estereodigrama a fin de establecer las discontinuidades, estratos y diaclasas dentro del basamento
				Determinación de los estratos litológicos presentes

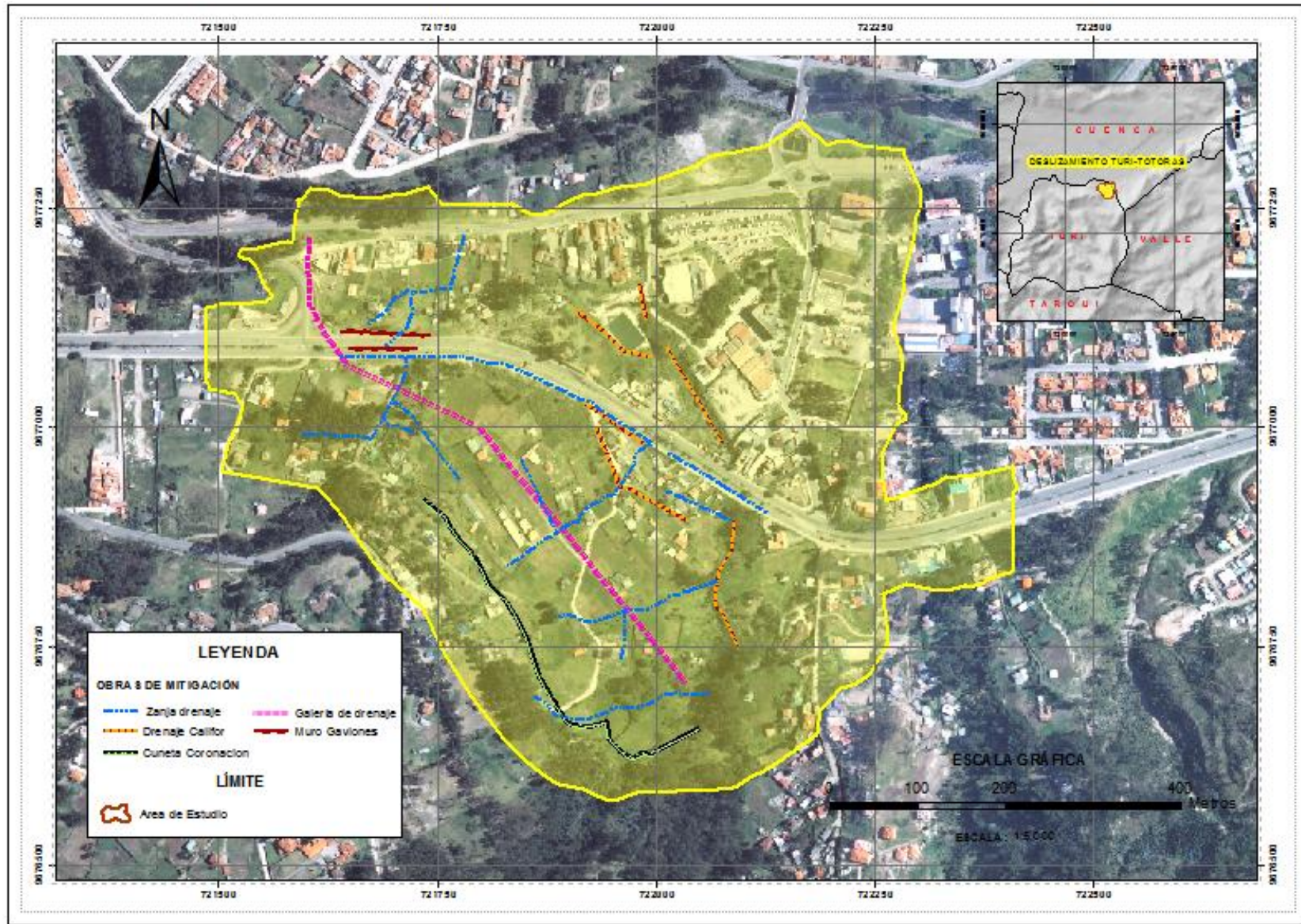
	2011	Análisis de peligro sísmico para estabilizar el talud		Para determinar la estabilización del talud en condiciones pseudo estática o dinámica se consideró a partir de datos sobre magnitudes del sistema de fallas activas del cuaternario para la aceleración máxima en roca con rangos de zonificación sísmica para el Ecuador con diferentes bibliografías definidas como: en 1999 del Código Sísmico del Ecuador se refiriere a la zona de estudio en la categoría II con un valor de 0,30 g; para el 2002, el Código Ecuatoriano de la Construcción definió con un valor de 0,25 g; para el 2009 estudios de la Comunidad Científica acordaron un valor de 0,4 g y dividieron al Ecuador en 2 zonas sísmicas, en 2010 se dibujó un mapa con la zonificación, donde se establecía en 4 g; los resultados de las leyes de atenuación que se utilizaron se implanto que se debe trabajar con una aceleración en roca de 0,45 g.
Línea transversal del deslizamiento	2011	Análisis de Estabilidad Metodología JAMBU	de Ministerio de Transporte y Obras Públicas(M TOP) realizado por la empresa Consorcio Austrovías	Se efectuó un retro análisis sobre la base de un modelo geológico en el cual la superficie de deslizamiento se ubica aproximadamente a 20 m de profundidad compatible con los datos obtenidos en las perforaciones. A partir de ese modelo y del análisis se propone la estabilización mediante el abatimiento del nivel freático en un orden de magnitud de 4 m.
Total del área del deslizamiento Turi	2015	Resolución sobre la Prevalencia del Mapa de Riesgos en el Sector de la Cabecera Urbano Parroquial de Turi y sus Alrededores	Ilustre Concejo Cantonal del GAD Cuenca	Identificación de suelos no urbanizables con la vigencia de los planos de riesgos números 6 y 8, representan las zonas de peligrosidad media a alta, que refieren que no se debe implementar ningún tipo de obras de construcción o infraestructura y se considera zona no urbanizable al encontrarse dentro de la zona de arranque de ruptura subestable.

Ubicación de Incidencia	Fecha de trabajos	Metodología Utilizada	Institución Encargada	Experiencias Aprendidas
Medidas Estructurales				
Parte alta, media y baja del deslizamiento	1999	Sistema de Drenajes Hídricos	Comisión de Gestión Ambiental (CGA) del Municipio de Cuenca, a través del “Plan de Manejo Integral de las Colinas Turi-Icto Cruz y Áreas aledañas”	En el año 1999 se realizaron los primeros trabajos que consistían en un sistema de drenaje de 6 metros de profundidad conformados de material granular aislado con geotextil que servía como tamiz para el paso de agua, complementariamente se realizaron 2 sub drenes, uno en la parte alta (cuneta de coronación) que servía para limitar el ingreso de agua de la escorrentía superior y otro al costado derecho de la vía rápida en dirección perpendicular al movimiento; este sistema no obtuvo la acción mitigante esperada ya que en ocasiones el movimiento se aceleraba.
Parte Superior del Deslizamiento	2011	Galería de Drenaje Sistema de sostenimiento de la Galería de drenaje	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB) realizado por la empresa Consorcio Austrovías	Se debe implementar en la parte superior del deslizamiento con una longitud de 700 metros, un espesor de zanja de 19 metros y ancho de 2,5 metros; además, se recomienda realizar perforaciones que ayuden la recolección del agua. Se establece tres zonas donde se debe implementar en función a cobertura de la roca que cuenten con una capacidad de soporte a través de marcos de acero con una mínima deformación de la galería garantizando el punto de equilibrio.
Ubicación de	Fecha de trabajos	Metodología Utilizada	Institución Encargada	Experiencias Aprendidas

Incidencia				
Medidas Ambientales				
Parte central del deslizamiento	2011	Ingeniería naturalista de estabilización de taludes	Ministerio de Transporte y Obras Públicas(MTOP) realizado por la empresa Consorcio Austrovías	El suelo presenta irregularidades en el relieve, como derivación del movimiento producido el cual ha mezclados los materiales del suelo haciéndolo heterogéneo y de baja compactación por ser de actividad reciente, catalogándolo como suelo blando y limitando su uso, lo que se sugiere es redistribuir cierta áreas específicamente las que presentan un alto grado de saturación determinada por un área aproximada de 15 ha con la siembra de árboles y plantas arbustivas con raíces profundas que ayuden a bajar la carga de las precipitaciones directas en un suelo desnudo y por otra parte la infiltración de la acumulación de la escorrentía en el terreno.

Fuente: (Cuenca, 2000), (Cuenca, plan de manejo integral de las Colinas de Turi-Icto Cruz y Áreas Aledañas, 1999), (MTO, 2011), (Matute D., 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

Mapa 4.11 Ubicación de obras mitigantes en el deslizamiento de Turi.



Fuente: (MTO, 2011). Elaboración: Pesantez, 2017.

4.3 Resultado del Objetivo 3: Medidas Generales para la Reducción de la Amenaza de Deslizamiento en el Área de estudio

4.3.1 Medidas Generales

En la tabla 4.15 se detalla las posibles medidas complementarias que pueden adoptarse en el área de estudio para que sean tomadas en cuenta por las instituciones pertinentes:

Tabla 4.15 Medidas generales que pueden ser incorporadas en el área de estudio.

Tipo de medida	Localización	Medida adoptada	Institución responsable y participante
Estructural	Áreas aledañas	Mitigación de zonas adyacentes que influyen en el área de estudio mediante obras ingenieriles de alto nivel técnico especializado.	GAD Parroquial
	Determinado según estudios	Construcción de pozos someros que requieren estudios para determinar la profundidad ancho y ubicación.	GAD Municipal
	Viviendas que utilizan este sistema	Eliminación de pozos sépticos presentes en el área, que disminuya el aporte de agua al terreno.	Secretaria de Gestión de Riesgos
No estructural	Toda la zona afectada	Estudios geotécnicos y geofísicos a detalle.	GAD cantonal
		Estudios de vulnerabilidad y exposición de elementos localizados en el área de afectación.	GAD cantonal y Secretaria Gestión Riesgo
		Aplicación de Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) en las nuevas edificaciones.	GAD Parroquial GAD Cantonal
		Implementación de Planes de Ordenamiento Territorial y/o Regulación Urbana.	GAD Parroquial GAD Cantonal

Tipo de medida	Localización	Medida adoptada	Institución responsable y participante
No Estructural	Toda la zona afectada	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación a la comunidad referente a Gestión de Riesgos. - Realizar censo de las personas que se encuentran ubicadas dentro del área amenazada. - Cumplimiento de las Ordenanzas implementadas en materia de prevención Riesgo - Mediante mingas barriales conjuntamente con los responsables del manejo de escombros, basuras, rellenos del barrio y sus alrededores, realizar limpiezas de las quebradas principalmente de la cuenca media y alta. 	<p>GAD Parroquial Secretaría de Gestión de Riesgos Dirección Municipal de Gestión de Riesgos Ministerio de Inclusión Económica y Social</p> <p>Población del área afectada</p>
		Control de las construcciones y ampliación de viviendas que se encuentran ubicadas en las zonas de amenaza.	GAD Parroquial
		Concientizar sobre contaminación ambiental y riesgos antrópicos mediante campañas y publicación en medios de comunicación más receptivos por los pobladores.	Ministerio del Ambiente
	Quebradas y cauces hídricos	Manejo integral de la quebradas o cauces hídricos naturales para solucionar el problema de contaminación	GAD Parroquial Ministerio del Ambiente Comunidad
	Áreas delimitadas para cobertura vegetal	Vigilancia y Monitoreo de los bosques y pajonales áreas protegidas.	GAD Parroquial Ministerio del Ambiente Comunidad
Manejo de eventos y recuperación	Toda la zona afectada	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de Emergencia - Plan de contingencia - Capacitación a la población sobre medidas de autoprotección - Fortalecimiento el Comité de Gestión de Riesgo y COE parroquia Turi - Fortalecimiento de capacidades de instituciones locales - Sistema de Alerta Temprana - Señalética de emergencia - Ejercicios de simulaciones y simulacros 	<p>GAD Parroquial Secretaría de Gestión de Riesgos Dirección Municipal de Gestión de Riesgos del GAD cantón Cuenca Población del área afectada</p>

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LECCIONES APRENDIDAS

5.1 Conclusiones

- a) Se puede determinar mediante los resultados obtenidos, que la interacción entre los factores condicionantes en el área de estudio (geológico, litológico, hidrogeológico, pendiente y uso de suelo), presentan alteraciones que pueden llegar a influir en el comportamiento del suelo, modificando el relieve topográfico y consecuentemente ocasionando la susceptibilidad al movimiento en masa que ha producido daños y pérdidas a las obras y viviendas en el área afectada; el factor geológico-litológico tendría una mayor influencia en la susceptibilidad y actúa en función del resto de factores, ya que en su mayor parte está conformada por suelos residuales heterogéneos con índices altos de material arcilloso de alta plasticidad, provenientes del depósito coluvial, sobre el cual se asienta el deslizamiento.

Consecuentemente, el aporte hídrico influye directamente en la zona media del deslizamiento, conformada en su mayoría por los materiales de fragmentos angulares con matriz limo-arcillosa, estos atraviesan formando canales de desagüe desde la parte superior hacia su desembocadura en el río Tarqui de sur a norte, formando distintas ramificaciones que convergen en la quebrada Totoras, se nota alteraciones antrópicas que han modificado estos cauces (construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián, edificaciones en laderas y al margen de quebradas, etc.), lo que posiblemente sería la causa para que el agua busque otras rutas introduciéndose en una área mayor. Por consiguiente, se deduce que la baja permeabilidad presente por las particularidades de los materiales y la alteración de los cauces hídricos naturales, incrementó el nivel freático de ciertas áreas, generando inestabilidad y disminución en la resistencia al

corte del material; con lo que aumenta la probabilidad de continuar el movimiento. Por otro lado, la inclinación en el área de estudio presenta pendientes suaves en su mayoría y no se consideraría un mayor peligro.

La interpolación de factores condicionantes determinó que en el área de estudio se presente tres niveles de susceptibilidad, los mismos que coinciden con la manifestación del evento; estos pueden ser influidos por factor de disparo o desencadenante (precipitaciones y sismicidad), lo que permitió determinar áreas con dos niveles de amenaza (media y alta), lo que conlleva a considerar como un área inestable.

Otro de los factores importantes para el análisis de áreas susceptibles de amenaza a deslizamiento es la influencia antrópica, principalmente la construcción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián; este factor no fue considerado para el presente estudio, debido a la falta de referencia medibles.

- b) Con respecto a las medidas de mitigación, en el periodo 1999-2000, el Ilustre Municipio de Cuenca a través del proyecto denominado “Plan de Manejo Integral de las Colinas Turi-Icto Cruz y Áreas aledañas”, y la creación de la ordenanza “Reglamento que Norma la Planificación y Construcción de Obras de Urbanización y de Edificaciones en la Zona de Turi-Icto Cruz y Áreas Aledañas” en el año 2000, delimito áreas de peligro para la zona; los productos técnicos generados (ordenanza, mapas, estudios técnicos y obras de mitigación) no contaban con técnicos especializados en gestión de riesgos.

Consecuentemente, en el periodo 2002-2011, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), a través de las empresas consultoras, realizó varios estudios geofísicos con énfasis en la dinámica del suelo, identificando el comportamiento relacionado a aspectos: litológicos, hidrológicos, geomecánicos y modelado de estabilidad del talud, mediante software de aplicación técnica para medir el factor de seguridad; los

resultados obtenidos sirvieron para la implementación de medidas mitigantes estructurales, no estructurales y ambientales.

- c) Cabe mencionar que pese a los esfuerzos realizados, aún persiste la amenaza de deslizamiento, es por ello que se continúan implementando medidas de mitigación en el área de estudio, por parte del MTOP, estas se realizan orientadas al ámbito profesional de competencia (ingeniería civil, hidrología, geología geomecánica, etc.), de forma separada; no se demuestra que las instituciones que tienen competencia en el evento (GAD's Cuenca, Turi, S.G.R., MTOP, MAE, etc.) trabajen de manera articulada, así como las medidas de reducción se complementen con planes de emergencia o de contingencia para fortalecer las capacidades de preparación y respuesta ante un posible evento adverso.

5.2 Recomendaciones

- a) A pesar que los resultados de la investigación en el área de estudio, se asemejan a la realidad, sin embargo, presentan limitantes para mejorar el análisis y la implementación de medidas de reducción del riesgo; para lo cual es necesario realizar estudios geofísicos y geotécnicos enfocados en riesgos geológicos a fin de disminuir la amenaza del macro deslizamiento.
- b) Al ser el factor geológico-litológico el que presenta un alto grado de susceptibilidad, con respecto a los otros, se debe realizar estudios que identifiquen el grado de permeabilidad, porosidad y tipo de material en toda el área afectada, que permitan mejorar el análisis y escenario, la implementación de medidas estructurales para la reducción de susceptibilidad y amenaza a deslizamiento del área de estudio.
- c) Se debe realizar estudios de vulnerabilidad y exposición de los elementos localizados (población, edificaciones, elementos esenciales y medios de vida) en el área de afectación del macro deslizamiento para la implementación de medidas de reducción.

- d) Además de las medidas estructurales, no estructurales y ambientales para la reducción de riesgo implementado, se debería complementar con medidas de preparación tales como: planes de emergencia, contingencia, sistemas de alerta temprana entre otras, que permitan fortalecer las capacidades para una respuesta adecuada y recuperación ante un posible evento adverso.

5.3 Lecciones Aprendidas

Todo el proceso de elaboración del proyecto es beneficioso por la experiencia y experticia adquirida.

Debido a que influye un abanico de elementos que intervienen de manera sinérgica y aislada a la vez, sin embargo se asimila y fortalece la experiencia sobre las características y particularidades individuales y en conjunto de cada elemento analizado.

BIBLIOGRAFÍA

Alva Hurtado, D. I. (s.f.). "*SOLUCIONES GEOTÉCNICAS EN ESTABILIDAD DE TALUDES*". Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA: Fecha de consulta: 03/06/2017. Disponible en: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo30_p.pdf

Basade R., D. I. (1998). "*PROYECTO PREOCUPA (Prevención de Desastres Naturales en la Cuenca del Paute)*". Cuenca. Fecha de Consulta: 21/06/2017

Bustos, J. D. (14 de Julio de 2010). "*LOS MOVIMIENTOS TELURICOS EN LA CIUDAD DE CUENCA, ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN NO CONVENCIONALES*". Obtenido de UNIVERSIDAD DE CUENCA: Fecha de Consulta: 30/06/2017. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1769/1/tc240.pdf>

Candela González, I. J. (s.f.). "*SISTEMA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y LADERAS*". Obtenido de GRUPO TERRATEST: Fecha de consulta: 29/05/2017. Disponible en: <http://docplayer.es/5517791-Sistemas-de-estabilizacion-de-taludes-y-laderas.html>

Cuenca, I. M. (Diciembre de 1999). "Plan de Manejo Integral de las Colinas de Turi-Icto Cruz y Áreas Aledañas". *REGLAMENTO QUE NORMA LA PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE URBANIZACIÓN Y EDIFICACIONES EN LA ZONA TURI-ICTO CRUZ Y ÁREAS ALEDAÑA, DENTRO DEL SECTOR*

COMPRENDIDO ENTRE LOS RÍOS TARQUI Y YANUNCAY, AVENIDA DE CIRCUNVALACIÓN SUR, CAMINO A EL VALLE (QUEB. Cuenca, Azuay, Ecuador. Fecha de consulta 26/05/2017.

Cuenca, I. M. (Junio de 2000). "REGLAMENTO QUE NORMA LA PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE URBANIZACIÓN Y DE EDIFICACIONES, EN LA ZONA TURÍSTICO CRUZ Y ÁREAS ALEDAÑAS. *ORDENANZA*". Cuenca, Azuay, Ecuador. Fecha de consulta: 26/05/2017.

González de Vallejo , L. I., Ferrer, M., Ortuño , L., & Oteo, C. (2002). "*INGENIERÍA GEOLÓGICA*. MADRID: PEARSON EDUCACIÓN, S.A". Fecha de consulta: 15/06/2017.

Guevara Ortiz, E., Quaas Weppen, R., Fernández Villagómez , G., & etc. (Diciembre de 2004). "*GUÍA BÁSICA PARA LA ELABORACIÓN DE ATLAS ESTATALES Y MUNICIPALES DE PELIGROS Y RIESGOS* . Obtenido de SERIE: ATLAS NACIONAL DE RIESGOS" : Fecha de consulta: 13/06/2017. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/metodologiasAtlas.pdf>

INAMHI, & del, E. R. (2014). "*Anuario Meteorológico*". Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología: Fecha de consulta: 30/06/2017. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

INEGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, & MAGAP. (2012). "ANÁLISIS DE AMENAZA POR TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA.

GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL, ESCALA 1:25.000". QUITO, ECUADOR. Fecha de consulta: 19/06/2017.

Jorge E. Hurtado, D. I. (s.f.). "*SOLUCIONES GEOTÉCNICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA": Fecha de consulta: 11/06/2017. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14522599/soluciones-geotecnicas-en-estabilidad-de-taludes-/2>

Matute D., I. L. (2014). "*Trabajos de Estabilización en Turi Totoras y Quemandel*". Cuenca: CONSORCIO AUSTROVIAS. Fecha de consulta: 31/05/2017.

MTOP, M. D. (2011). "*ESTUDIOS DEFINITIVOS DE LA CARRETERA CUENCA- AZOGUES-BIBLIAN*". Fecha de consulta: 02/06/2017.

NEC, N. E. (2015). "*NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Obtenido de CARGAS SISMICAS DISEÑO SISMO RESISTENTE*": Fecha de consulta: 25/06/2017. Disponible en: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

Paucar, A. (2016). "*MADRIDADO PARA LA ARTICULACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL PROCESO DE ORDENAMIENTO*

TERRITORIAL DE LA CIUDAD DE GUARANDA/ECUADOR".

Valencia: Universidad de Valencia. Fecha de consulta: 22/06/2017.

Quezada Poma, N., Cueva Masache, K., Aguilar Ramirez, A., & Valencia Celi, J. (2015). "*GAD PAROQUIAL DE TURI*". Obtenido de PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL": Fecha de consulta: 09/06/2017. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0160026580001_PDOT_TURI_2015_Diagn%C3%B3stico__30-10-2015_23-37-18.pdf

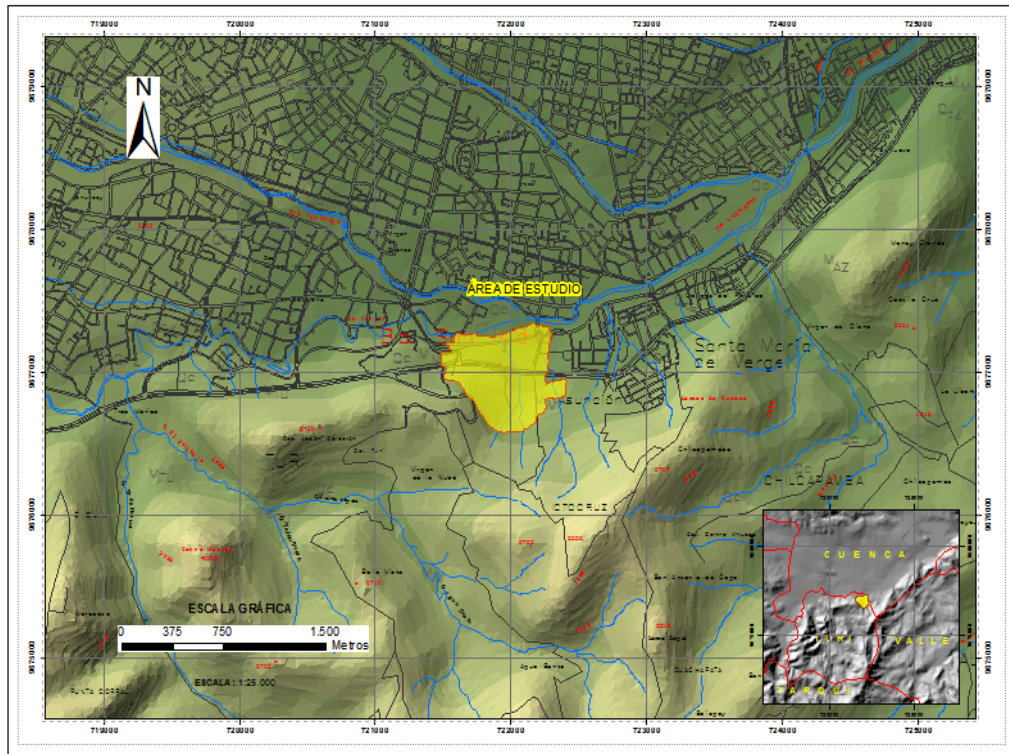
SGR, S. D. (s/f.). "ANEXOS Y TABLAS. *DOCUEMNTO PDF*". Fecha de consulta: 23/06/2017.

Suarez Días, J. (Julio de 1998). "*DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES*". Fecha de consulta: 29/05/2017. disponible en: Obtenido de erosion.com.co: <http://www.erosion.com.co/deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales.html>

Tambo Encalada, W. S. (2011). "*ESTUDIO DEL PELIGRO DE DESLIZAMIENTO DEL NORTE DE LA CIUDAD DE LOJA, PROVINCIA DE LOJA. ECUADOR*". Obtenido de MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR UNIVERSIDAD DE LA HABANA: Fecha de consulta: 08/06/2017. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/316/1/T-SENESCYT-0086.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 Mapa de ubicación del área de estudio.



Fuente: (Basade R., 1998). Elaborado: Pesantez, 2017.

Anexo 2 Tablas de rangos de la Secretaría de Gestión de Riesgos

RANGOS ISOYETAS	
RANGO (mm)	VALOR
1250	1
1750	2
2250	3
2750	4
3500	5

Tabla 2. Litología

Litología	Peso
Abanico Aluvial	5
Andesita Anfibólica, Riodacita	1
Andesita, Brecha, Aglomerado	3
Andesita, Piroxenita, Piroclastos	3
Andesitas, Piroxenitas, Basalto	1
Andesitas Piroxenitas, Basalto-Brecha Lahar	3
Arcilla Roja, Arenisca Fina	5
Arcillas	5
Arcillas Abigarradas, Lutitas	5
Arcillas Abigarradas, Areniscas Arcillosas	5
Arcillas, Limolitas, Areniscas	5
Arcillas, Lutitas, Tobaceas, Yeso	5
Arcillas, Lutitas Tobaceas, Yeso, Areniscas Finas	5
Arcillolita Roja, Limonita, Arenisca	5
Arcillolita, Roja, Limolita, Areniscas	5
Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	5
Arenas De Erosión Glaciar	5
Arenisca, Arcilla Roja	5
Arenisca, Arenisca Conglomerática, Conglomerado	4
Arenisca, Caliza, Lutita	1
Arenisca Conglomerado De Cuarzo, Arcilla Roja	3
Areniscas	1
Areniscas Conglomeráticas, Lutitas, Conglomerados	4
Areniscas Cuarzosas De Grano Fino Amedio	1
Areniscas Cuarzosas De Grano Fino Amedio, Lutitas	1
Areniscas Fina, Conglomerados, Arcillas, Lignitas	3
Areniscas Tobaceas, Areniscas Conglomeráticas, Conglomerados	4
Areniscas, Conglomerados, Horizontes De Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoníticas, Areniscas Toba	4
Areniscas, Conglomerados, Horizontes De Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoníticas, Areniscas Toba, Lutita	4
Areniscas, Lignitas	1
Brechas, Tobas Adesíticas, Riolitas	3
Brechas, Tobas Metamorfizadas	4
Caliza, Lutitas, Areniscas	1
Calizas, Lutitas Negras, Areniscas Calcáreas	1
Calizas, Lutitas Negras, Areniscas	1
Ceniza, Lapilli	5
Cenizas Volcánicas	5
Conglomerado, Areniscas Volcanocásticas	4
Conglomerados Gruesos, Tobas, Arenas, Arcillas	5
Conglomerados, Areniscas	4
Conglomerados, Areniscas Volcanocásticas	4

Conglomerados, Areniscas, Lutitas	4
Conglomerados, Tobas, Brechas, Basaltos, Lutitas, Areniscas	4
Conglomerados, Areniscas, (Terrazas Disectadas)	3
Cono De Deyección	5
Cuarcita, Filita, Esquistos, Grafita, Metavolcanica	1
Cuarcitas, Pizarras, Filitas, Esquistos	2
Depósito Aluvial	5
Depósito Coluvial	5
Depósito Coluvial (Primero-Cuarto)	5
Depósito De Terrazas	4
Depósito Fluvio-Glaciár	5
Depósito Lagunar	5
Depósito Laharítico	5
Depósitos Clásticos De Grano Medio A Grueso, Arenas, Arcillas	5
Depósitos Fluvio-Galciáres, Piroclásticos	5
Depósitos Galciáres	5
Depósitos Galciáres, Morrenas	5
Derrumbe	5
Esquistos Verdes, Anfibolitas, Cuarcitas	3
Esquistos Verdes, Esquistos Muscovíticos, Cuarzo	3
Esistos Gneis	3
Granito	2
Granito Rosado, Grano Diorita, Diques	2
Lahares	5
Lahares, Arcillas, Limo Aglomerados	5
Lava Andesítica, Basalto	1
Lava Basáltica	1
Lava Piroclásticos	2
Lavas Basálticas, Lahar, Piroclastos	3
Lavas, Brecha, Dacita, Toba	3
Limoliatas, Areniscas, Conglomerados Cuarzosos	4
Limolitas, Areniscas, Conglomerados Cuarzosos	4
Limolita, Arenisca, Arenisca Conglomerático Conglomerado	4
Lutita Negra, Chert, Caliza Negra, Caliza Fosilífera, Arenisca Bitominosa, Arenisca Calcarea	4
Lutita , Arenisca Cuarzosa, Pizarra Grafitosa, Arenisca, Limonita	3
Lutita, Arenisca Cuarzosa	3
Lutitas Abigarradas, Limo Yeso, Areniscas	4
Lutitas Abigarradas, Yeso, Limo Areniscas	4
Lutitas Carbonosas, Areniscas Arcillosas, Areniscas Cuarcíferas	4
Lutitas Negras, Calizas Negras, Chert Negro, Arenisca Calcarea	2
Piroclástos	3
Piroclástos, Lavas	2
Piroclástos, Andesita	2
Piroclástos, Andesita, Aglomerado, Lavas	2
Porfíricos Y Extrusivos Indiferenciados	1

Tabla 3. Geomorfología

DESCRIPCION	Peso_mm	Peso_Inund
Abruptos de Conos de deyección	4	1
Bancos y diques aluviales	1	4
Barreras de escalonamiento	2	3
Camaroneras	1	5
Cauces abandonados	1	5
Chevrones	5	1
Colinas altas	4	1
Colinas bajas	3	3
Colinas medianas	3	2
Conos de deyeccion disectados	4	2
Conos de deyeccion muy disectados	4	2
Conos de deyección y esparcimiento	3	1
Cordones litorales	3	1
Cuerpos de agua	1	5
Cuestas	3	1
Cuestas muy disectadas	4	1
Laderas coluviales	5	1
Llanuras aluviales de depositación	1	5
Manglar	1	5
Mesas	3	2
Mesas disectadas	3	1
Mesas marinas	2	3
Mesas muy disectadas	3	1
Nieve	4	1
Nivel aluvial alto	1	4
Nivel aluvial bajo	1	4
Pantanos	1	5
Piedemonte coluvial	4	1
Planicies costaneras	1	5
Playas	1	2
Playas emergidas antiguas	1	2
Relieve escarpado	4	1
Relieve montañoso	4	1
Salitrales y zonas salinas	1	4
Superficies de aplanamiento	3	1
Talud de derrubios	5	1
Terraza alta	2	3
Terraza aluvial	1	4
Terraza baja	1	5
Terraza colgada	3	2
Terraza indiferenciada	3	3
Terraza muy alta	2	3
Valles Interandinos	3	1
Valles encañonados	4	1

Valles glaciáricos	3	1
Valles y llanuras fluvio-marinas	2	3
Vertientes convexas	3	1
Vertientes cóncavas	4	1
Vertientes irregulares	4	1
Vertientes regulares	3	1
Zonas Urbanas	1	3
Zonas deprimidas	3	1

Tabla 4. Pendientes

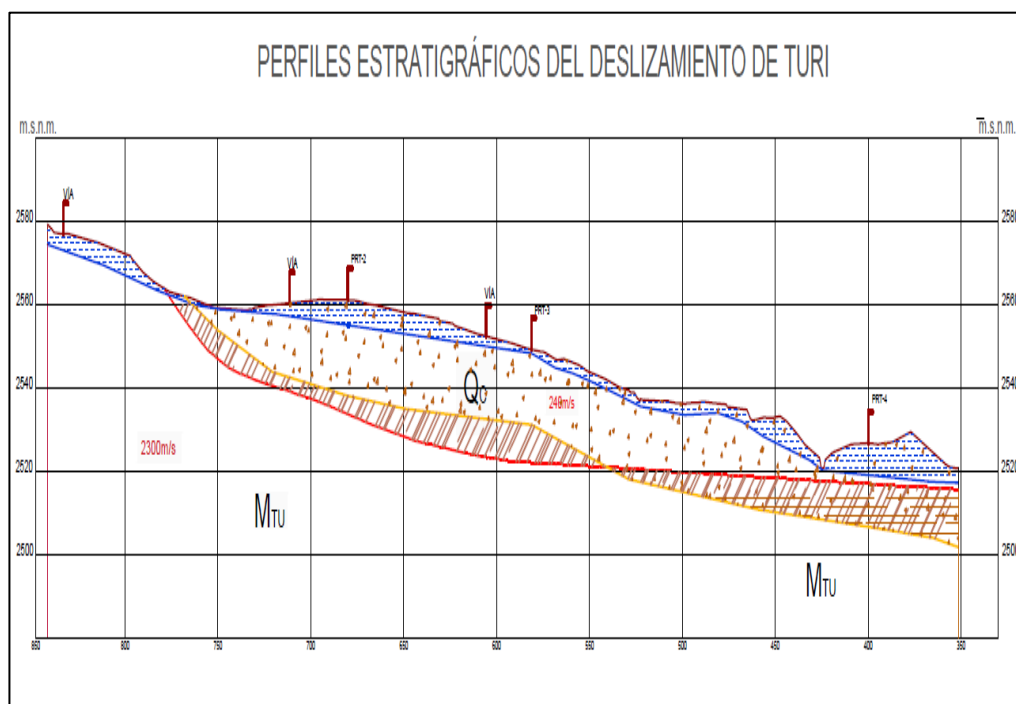
Pendientes		
Clase	Rango	Valor
Muy Baja	0 - 15	1
Baja	15 -30	2
Media	30 - 50	3
Alta	50 -70	4
Muy Alta	> 70	5

Tabla 5. Uso y Cobertura del suelo

Vegetación	
Clase	Valor
Bosque nativo, páramo	1
Área urbana	
Cuerpos de agua	
Bosque intervenido	2
Matorral	
Pastos naturales o plantados	3
Cultivos de ciclo corto	4
Suelo desnudo	5

Fuente: (SGR, s/f.).

Anexo 3 Plano del perfil estratigráfico del deslizamiento Turi.



Fuente: (Matute D., 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

Anexo 4 Estaciones meteorológicas utilizadas en el área de estudio.

Nº	CÓDIGO	NOMBRE	COORDENADAS UTM WGS 84		ALTITUD m.s.n.m.
			X	Y	
1	M-197	Jacarín	9687608	729501	2700
2	M-418	Cumbe	9659051	720855	2720
3	M-419	Girón	9651214	705646	2130
4	M-426	Ricaurte-Cuenca	9684432	727796	2545
5	M427	Syausí	9683057	713855	2780

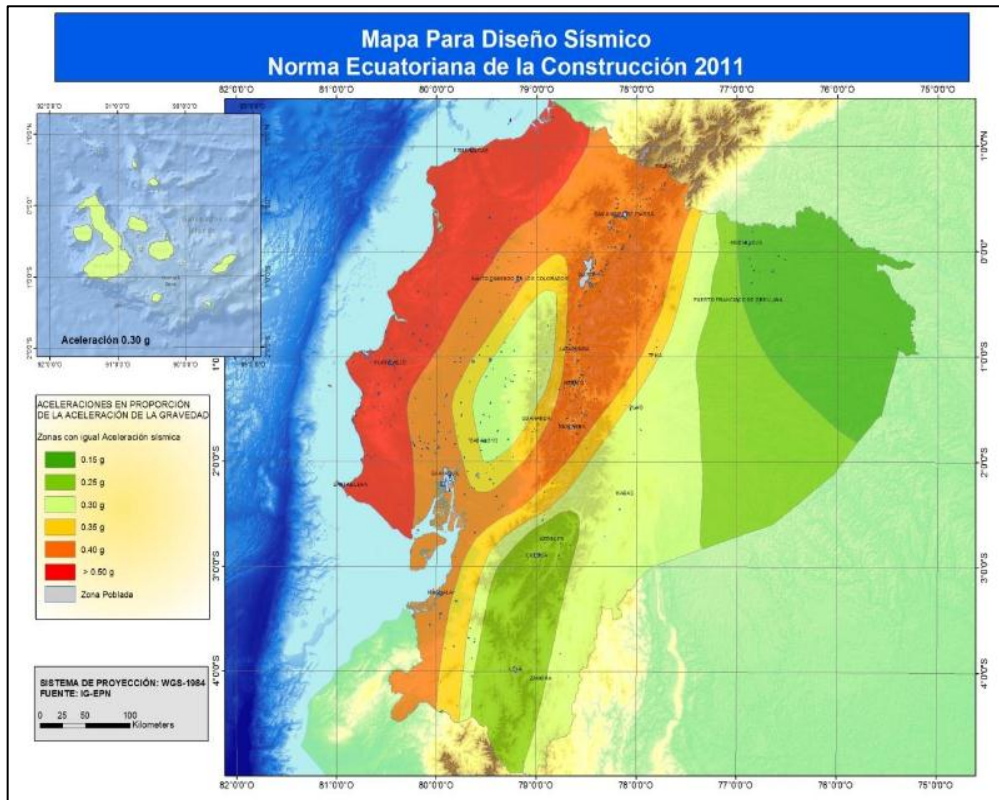
Fuente: (INAMHI & del, 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

Anexo 5 Rangos y pesos de cauces hídricos

CAUCE	LONGITUD	PESO PONDERADO
1	< 50 m	1
2	51 500 m	5
3	>500 m	10

Fuente: (INEGEMM, CLIRSEN, SENPLADES, & MAGAP, 2012).

Anexo 6 Mapa de zonas sísmicas del Ecuador



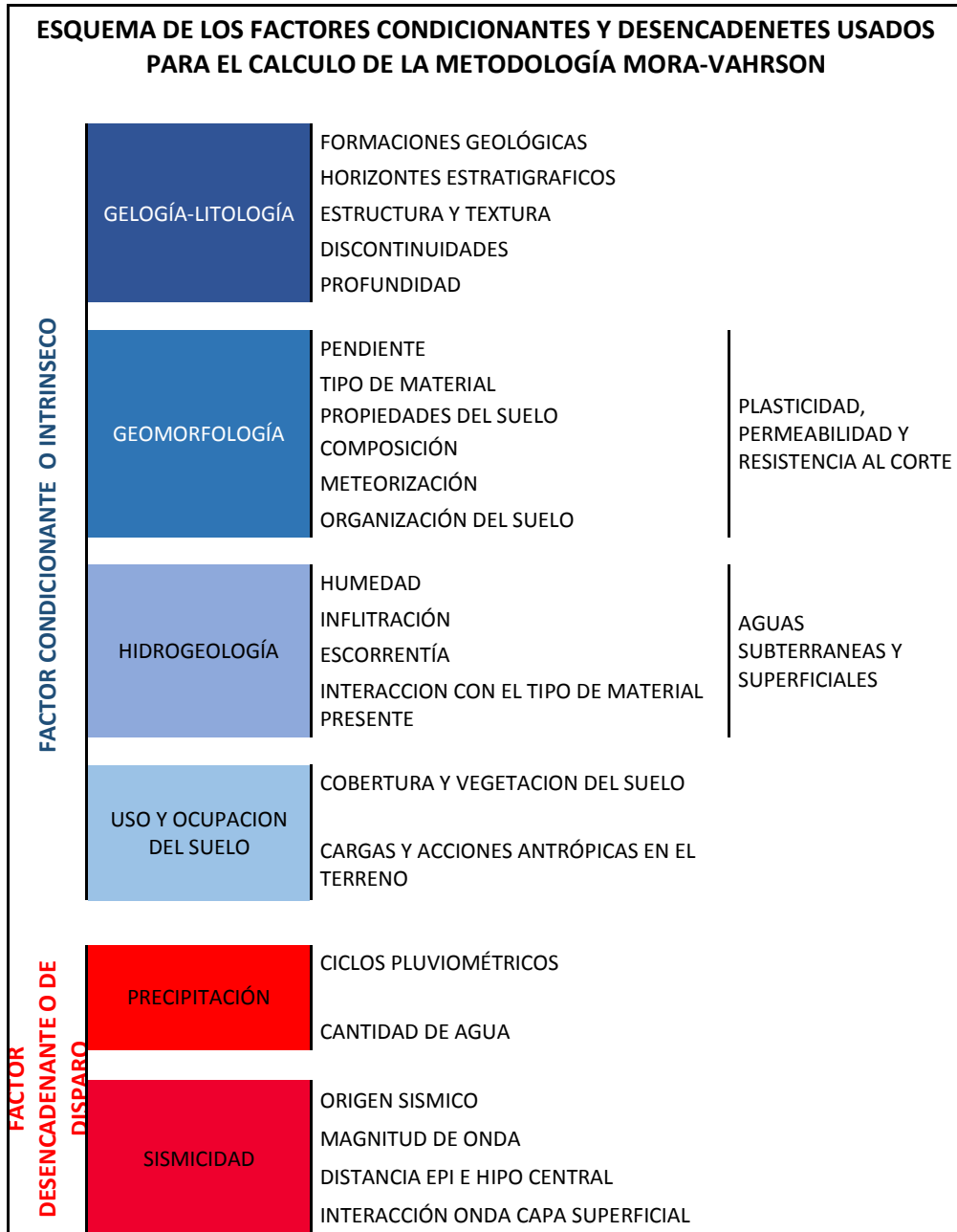
Fuente: (NEC, 2015).

Anexo 7 Tabla de zona sísmica y factor Z para el área de estudio

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC, 2015).

Anexo 8 Tabla de esquema de los factores usados en el proyecto de titulación.



Elaboración: Pesantez, 2017.

Anexo 9 Tabla de actividades de la ejecución del proyecto.

# ACTIVIDAD	FECHA INICIO ACTIVIDAD	FECHA TÉRMINO ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	
1	Diseño del estudio de caso	02/05/2017	10/05/2017	
2	Recopilación de Información a Instituciones Protagonistas	09/05/2017	21/05/2017	
3	Análisis de la información	12/05/2017	11/06/2017	
4	Redacción del primer borrador	22/05/2017	19/06/2017	
5	Elaboración de Mapas, Planos, cuadros y diagramas	01/06/2017	01/07/2017	
6	Revisión y corrección de Primer Borrador	20/06/2017	24/06/2017	
7	Redacción del segundo borrador	26/06/2017	08/07/2017	
8	Corrección del Borrador Final	10/07/2017	18/07/2017	
9	Presentación del Borrador final	19/07/2017	23/07/2017	
10	Corrección del Borrador Final	24/07/2017	31/07/2017	
11	Validación e Impresión del proyecto	01/08/2017	05/08/2017	
12	Presentación y Diseminación del Proyecto Final	07/08/2017	09/08/2017	

Elaboración: Pesantez, 2017.

Anexo 10 Valores pluviométricos de las estaciones cercanas al área de estudio.

VALORES PLUVIOMÉTRICOS CONSIDERADOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO (DESLIZAMIENTO TURI)																	
INAMHI					DATOS DE PRECIPITACIÓN												
NOMBRE	CÓDIGO	ALTURA (m.s.n.m.)	COORDENADAS		AÑO 1997		AÑO 1998		AÑO 1999		AÑO 2001		AÑO 2011		PROMEDIO		
			X	Y	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	ANUAL	MÁXIMA EN 24 H.	
Jacarín	M-197	2700	9687608	729501	-	-	-	-	-	-	694,5	26,2	1125	41,5	909,95	33,85	
Cumbe	M-418	2720	9659051	720855	-	-	807,2	-	1163,8	34,5	-	-	714	12,6	895	23,55	
Girón	M-419	2130	9651214	705646	921,4	40,4	610,2	-	1115,1	-	-	-	1149	-	948,93	40,4	
Ricaurte-Cuenca	M-426	2545	9684432	727796	734,4	36,8	967,4	52,1	1248,1	32,1	658,7	36,3	1345	92,3	990,8	49,92	
Sayausí	M427	2780	9683057	713855	1036,5	41,7	1227,9	42	1497,3	45,3	779,6	30,5	1254	33,1	1159,1	38,52	
														VALORES DE PRECIPITACIÓN TOTAL		980,75	37,248

Fuente: (INAMHI & del, 2014). Elaborado: Pesantez, 2017.

Anexo 11 Cronograma de actividades para la ejecución del proyecto de titulación.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROYECTO DE TITULACION EXPERIENCIAS Y METODOLOGIAS APLICADAS AL DESLIZAMIENTO DEL SECTOR SAN ISIDRO DE LA PARROQUIA TURI																																																
# ACTIVIDAD	FECHA INICIO	DÍAS	DIAS LABORABLES	FECHA FIN	02/05/2017	03/05/2017	04/05/2017	05/05/2017	08/05/2017	09/05/2017	10/05/2017	11/05/2017	12/05/2017	15/05/2017	16/05/2017	17/05/2017	18/05/2017	19/05/2017	22/05/2017	23/05/2017	24/05/2017	25/05/2017	26/05/2017	29/05/2017	30/05/2017	31/05/2017	01/06/2017	02/06/2017	05/06/2017	06/06/2017	07/06/2017	08/06/2017	09/06/2017	12/06/2017	13/06/2017	14/06/2017	15/06/2017											
1	02/05/2017	8	7	10/05/2017	█																																											
2	09/05/2017	12	9	21/05/2017						█																																						
3	12/05/2017	30	21	11/06/2017									█																																			
4	22/05/2017	28	21	19/06/2017																█																												
5	01/06/2017	30	22	01/07/2017																									█																			
6	20/06/2017	4	4	24/06/2017																																												
7	26/06/2017	12	10	08/07/2017																																												
8	10/07/2017	8	7	18/07/2017																																												
9	19/07/2017	4	3	23/07/2017																																												
10	24/07/2017	7	6	31/07/2017																																												
11	01/08/2017	4	4	05/08/2017																																												
12	07/08/2017	2	3	09/08/2017																																												

Anexo 12 Presupuesto para la ejecución del proyecto de titulación.

PRESUPUESTO PROYECTO INVESTIGACIÓN	Valor Unitario				Valor Global				
	Gastos	Unidad	# de unidades	Coste unitario (\$)	Costes Total Unitario (\$)	Unidad	# de unidades	Coste unit. (\$)	Costes (\$)
1. Recursos									
1.1 Salario Persona	Hora	1	1,50	1,50	Por Trabajo	300	1,50	450,00	
1.2 Material									
2.1 Computador (Hora/Maquina)	Hora/Energía	1	0,32	0,32	Por trabajo	1200	0,32	384,00	
Subtotal Recursos Humanos				1,82				834,00	
2. Alquiler y Servicios									
2.2 Transporte Local	Viaje	5	2,50	12,50	Por Trabajo	13	2,50	32,50	
2.3 Alimentación	Comida	1	3,00	3,00	Por Trabajo	9	3,00	27,00	
2.4 Teléfono	Minuto	1	0,06	0,06	Por Trabajo	300	0,06	18,00	
2.5 Internet	Mes	1	22,42	22,42	Por Trabajo	3	22,42	67,26	
2.6 Impresiones	Hoja	1	0,20	0,20	Documentos	420	0,20	84,00	
2.7 Empastado y Anillado	Documento	1	4,50	4,50	Documentos	3	4,50	13,50	
Subtotal Alquiler y Servicios				42,68				226,48	
3. Equipos y Material									
3.1 Dibujo (Arc Gis)	Mapas	1	50,00	50,00	Mapas	5	50,00	250,00	
3.2 Flash Memory	Unidad	1	8,00	8,00	Unidad	1	8,00	8,00	
3.3 Copias	Unidad	1	0,05	0,05	Copias	35	0,05	1,75	
3.5 Otros (especifíquese)				0					
Subtotal Equipos y Material				58,05				260	
4. Otros costes, servicios									
4.1 Instalación Programas (AutoCAD, ArcGis)	Unidad	1	8,00	8,00	Instalaciones	3	8,00	24	
Subtotal Otros Costes/Servicios				8,00				24	
5. Otros									
5.1 Viajes Tutorías Proyecto Titulación	Cuenca/Guaranda	1	12	12	Reuniones	10	12	120	
5.2 Alimentación	Unidad	1	2,5	2,5	Comidas	3	36	108	
5.2 Hospedaje	Noche	1	10,00	10,00	Total Viajes	10	12,00	120	
Subtotal Otros				10,00				120	
6. Total Costes de las Acciones (1+2+3+4+5)				120,55				1.464	
7. Provisión para la reserva de imprevistos (máximo 2% del total de los costes directos a la acción 6)				2,41				29,28	
8. Total de costes directos elegibles de la Acción (6+7)				122,96				1.509,31	

Elaborado: Pesantez, 2017.