



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER
HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES
Y GESTIÓN DE RIESGOS**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA
DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS**

Tema:

Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017

Autores:

Barragán Sánchez Marly Mariela
Hinojoza Taco Lourdes Silvana

Director de Proyecto:

Ing. Abelardo Paucar Camacho, PhD

Guaranda – Ecuador

2017

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a Dios, por permitirme llegar a esta fase importante, por los triunfos y desaciertos que son testigos de cada etapa de fortaleza de mi vida para culminar esta meta en mi formación profesional.

A mis abuelitos Florcita y Cesar por ser el pilar fundamental en mi vida que son mis padres amorosos e incondicionales y los que siempre me han apoyado moral y anímicamente para corregir mis faltas y malos ratos, sus valioso consejos a seguir adelante para cumplir sueños y metas.

A mi mami Nancy y hermana Mayris, por enseñarme a dar mis primeros pasos y demostrarme que siempre puedo contar con ellas, por sus regaños y consejos brindados en el momento adecuado que me han ayudado a superar los retos más duros de mi vida, por ser seres muy importantes que siempre han buscado mi bienestar, por haberme inculcado buenos valores para cada día ser un mejor ser humano.

“La familia es como la música, algunas notas altas, otras bajas, pero siempre es una hermosa canción, que a pesar de la distancia siempre la tenemos presente en nuestros corazones”.

Marly Mariela Barragán Sánchez

DEDICATORIA

Ante todo a dios ser supremo que nunca me ha desamparado ya que ha estado siempre a mi lado cuidándome y protegiéndome.

A mis queridos y adorados padres Alicia y Ramiro, los cuales han sabido guiarme y apóyame mediante su sabiduría, esfuerzo y dedicación, durante todo el transcurso de mi carrera; proporcionándome sus consejos para llegar a ser una buena persona y cumplir todas la metas y objetivos que me he propuesto en la vida.

A mis hermanos que siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional permaneciendo siempre junto a mí dándome palabras de aliento para lograr a cumplir todo lo que me él planteado lograr.

Lourdes Silvana Hinojoza Taco

AGRADECIMIENTOS

Primeramente damos gracias a Dios por permitirnos tener tan buena experiencia dentro de la Universidad Estatal de Bolívar para convertirnos en profesionales en lo que tanto nos apasiona, a nuestros padres y familia por su sabiduría, apoyo constante y comprensión, gracias a cada docente que hizo parte de este proceso integral de formación, como recuerdo y prueba viviente perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Finalmente y de manera muy especial agradecemos al Ing. Abelardo Paucar, PhD como director de este trabajo, por ser nuestro guía y asesor, facilitador del material e información necesaria en la realización del mismo, por su gran personalidad y paciencia quien supo orientarnos, apoyarnos y corregirnos en nuestras falencias en cada momento durante todos estos años, con una entrega desinteresada que sobrepaso nuestras expectativas que a más de ser docente lo consideramos un amigo y hemos depositado nuestra confianza en él, como excelente ser humano digno de orgullo y admiración.

Marly Mariela Barragán Sánchez
Lourdes Silvana Hinojoza Taco

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del trabajo de titulación mediante la modalidad de proyecto de investigación, elaborado por las señoritas: Marly Mariela Barragán Sánchez y Lourdes Silvana Hinojoza Taco, titulado **“EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES Y LA INFRAESTRUCTURA VÍAL ANTE LA SUSCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTOS EN MASA, EN LA VÍA GUARANDA-CHIMBO EN ETAPA INVERNAL DURANTE EL PERÍODO 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, 21 de julio del 2017.

Ing. Abelardo Paucar Camacho, PhD
Docente Tutor - UEB

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo General.	20
1.3.2 Objetivo Específico.	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5. LIMITACIONES	23
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. Definición de movimientos en masa	28
2.2.2. Tipos de movimientos en masa	28
2.2.2.1. Deslizamientos	28
2.2.2.2. Derrumbe	29
2.2.2.3. Flujos	29
2.2.2.4. Reptación	30
2.2.2.5. Hundimientos	30
2.2.3. Factores de susceptibilidad a movimientos en masa	30
2.2.3.1. Factores condicionantes.	30
2.2.3.2. Factores detonantes	32
2.2.4. Susceptibilidad a movimientos en masa	33
2.2.4.1. Método de Mora-Vahrson modificada para la cuantificación de la amenaza ante movimientos en masa	34
2.2.4.2. Mapas de susceptibilidad	36
2.2.5. Vulnerabilidad físico-estructural de edificaciones, e infraestructura vial a movimientos en masa	37
2.2.5.1. Vulnerabilidad físico-estructural de edificaciones	37
2.2.5.2. Vulnerabilidad de infraestructura vial	39
2.2.6. Medidas estructurales	42
2.2.6.1. Reducción de fuerzas actuantes	42
a) Modificación de geometría del talud	42
b) Sistema de drenaje	46

c) Protección de la superficie	49
2.2.7. Incremento de fuerzas resistentes.....	54
a) Aplicación de fuerza resistente al pie del talud	54
2.2.8. Medidas no estructurales	59
2.2.9. Medidas ambientales.....	62
a) Reforestación	62
b) Forestación.....	62
c) Prevención de deforestación	62
d) Prevención de incendios forestales	63
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (GLOSARIO)	64
2.4. SISTEMAS DE HIPÓTESIS	66
2.5. SISTEMAS DE VARIABLES	66
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	71
3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.1.1. Tipo de investigación.....	71
3.1.2. Método de investigación	71
3.1.3. Periodo de tiempo.....	71
3 2. DISEÑO	71
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	72
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	73
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS (ESTADÍSTICO UTILIZADO), PARA CADA UNO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	74
CAPITULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	75
4.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO 1: DIAGNOSTICO SOCIO- TERRITORIAL.....	75
4.1.1. Vulnerabilidad social	75
4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO 2: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA GUARANDA – CHIMBO.....	87
4.2.1 Registro histórico de deslizamientos en el área de estudio.....	87
4.2.2. Factores condicionantes.....	92
a) Geológico-Litológico	92
b) Geomorfología	94
c) Pendiente	96

d) Uso de suelo	98
4.2.3. Factores desencadenantes	101
a) Sismos	101
b) Precipitaciones.....	101
4.2.4. Mapa de amenaza de movimientos en la vía Guaranda-Chimbo	102
4.3. RESULTADO DEL OBJETIVO 3: VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES Y SISTEMA VIAL ANTE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA.....	108
a) Condiciones actuales de edificaciones.....	108
b) Nivel de vulnerabilidad de edificaciones.....	115
c) Exposición de las edificaciones ante deslizamientos.....	118
d) Nivel de vulnerabilidad de infraestructura vial.....	118
e) Exposición de infraestructura vial ante amenaza de movimientos en masa.....	119
4.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO 4: MEDIDAS Y ESTRATEGIAS QUE CONTRIBUYAN A LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE LA AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA DE ESTUDIO	122
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
5.1 Comprobación de la Hipótesis	133
5.2 Conclusiones.....	133
5.3 Recomendaciones	135
BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXOS.....	139

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1. Pesos de ponderación asignados a los factores para evaluación de la amenaza a movimientos en masa	33
Tabla 2.2. Variables, Indicadores y pesos de ponderación establecidos para evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones	34
Tabla 2.3. Nivel de vulnerabilidad de edificaciones	37
Tabla 2.4. Variables, Indicadores y pesos de ponderación establecidos para evaluación de vulnerabilidad física de infraestructura vial	39
Tabla 2.5. Nivel de vulnerabilidad de infraestructura vial.....	39
Tabla 2.6. Variable Independiente	65
Tabla 2.7. Variable Dependiente	67
Tabla 2.8. Variable Interviniente	67

Tabla 4.1. <i>Grupo étnico en la zona de estudio</i>	73
Tabla 4.2. <i>Genero</i>	74
Tabla 4.3. <i>Edades de personas entrevistadas</i>	75
Tabla 4.4. <i>¿Conoce si alguna vez ha ocurrido un evento adverso (desastre) en el sector?</i>	76
Tabla 4.5. <i>¿Qué tipo de evento considera usted que está expuesto el sector?</i>	77
Tabla 4.6. <i>¿Durante el tiempo que habita en el sector, ha sido afectado por deslizamientos?</i>	78
Tabla 4.7. <i>¿Que afectación ocasiono el deslizamiento?</i>	79
Tabla 4.8. <i>¿Conoce Ud. Cuál de las siguientes formas de organización existen en su sector?</i>	80
Tabla 4.9. <i>¿Tipo de actividad económica del jefe de familia?</i>	81
Tabla 4.10. <i>¿Nivel de dependencia de los integrantes de la familia?</i>	82
Tabla 4.11. <i>¿Disponibilidad de servicios básicos?</i>	83
Tabla 4.12. <i>Estado de los servicios básicos</i>	84
Tabla 4.13. <i>Antecedentes de deslizamientos en la vía Guaranda- Chimbo</i>	86
Tabla 4.14. <i>Resultados del factor geológico-litológico en la vía Guaranda-Chimbo</i>	91
Tabla 4.15. <i>Resultado de factor geomorfológico en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo</i>	93
Tabla 4.16. <i>Resultados del factor pendiente en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo</i>	95
Tabla 4.17. <i>Resultados del uso de suelo en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo</i>	97
Tabla 4.18. <i>Resumen de áreas de amenazas de deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo</i>	102
Tabla 4.19. <i>Sistema estructural de edificaciones</i>	106
Tabla 4.20. <i>Tipo de material de las paredes</i>	107
Tabla 4.21. <i>Número de pisos</i>	108
Tabla 4.22. <i>Año de construcción</i>	109
Tabla 4.23. <i>Estado de conservación</i>	110
Tabla 4.24. <i>Características del suelo bajo la edificación</i>	111
Tabla 4.25. <i>Topografía de sitio</i>	112
Tabla 4.26. <i>Nivel de vulnerabilidad de edificación en la vía Guaranda-Chimbo</i>	114
Tabla 4.27. <i>Nivel de exposición de edificaciones</i>	116
Tabla 4.28. <i>Nivel de vulnerabilidad de la vía Guaranda-Chimbo</i>	117
Tabla 4.29. <i>Nivel de exposición de la vía Guaranda-Guaranda</i>	118
Tabla 4.30. <i>Medias estructurales, no estructurales y ambientales de mitigación y prevención ante deslizamientos</i>	120

ÍNDICE FIGURAS

Figura 3.1. <i>Mapa delimitación área e estudio del proyecto</i>	70
Figura 4.1 <i>Mapa geológico del área de influencia de la vía Guaranda -Chimbo</i>	92
Figura 4.2. <i>Mapa geomorfológico del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo</i>	94
Figura 4.3. <i>Mapa pendientes del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo</i>	96
Figura 4.4. <i>Mapa de uso de suelo del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo</i>	98
Figura 4.5 <i>Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (Primer tramo)</i>	103
Figura 4.6. <i>Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (segundo tramo)</i>	104
Figura 4.7. <i>Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (tercer tramo)</i>	105
Figura 4.8. <i>Mapa de vulnerabilidad de edificaciones ante la amenaza de movimientos en masa</i>	115
Figura 4.9. <i>Mapa de exposición de edificaciones e infraestructura vial ante deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo</i>	119

ÍNDICE FOTOS

Foto 2.1. <i>Abatimiento de pendiente</i>	42
Foto 2.2. <i>Proceso de abatimiento de talud de corte</i>	43
Foto 4.1. <i>Tobas localizadas en el sector las palmas, parroquia santa Fe</i>	90
Foto 4.2. <i>Tobas localizadas en el sector de llanca</i>	90
Foto 4.3. <i>Cultivos de maíz en laderas del cerro susanga</i>	97
Foto 4.4. <i>Deslizamiento en el sector night club las lomas</i>	102
Foto 4.5. <i>Deslizamiento en el sector de El Tejar</i>	102
Foto 4.6. <i>Edificación nivel de vulnerabilidad alto</i>	114
Foto 4.7. <i>Edificación nivel de vulnerabilidad medio</i>	114
Foto 4.8. <i>Edificación nivel de vulnerabilidad bajo</i>	114
Foto 4.9. <i>Deslizamiento en el sector de Casahuayco</i>	118
Foto 4.10. <i>Deslizamiento en el sector de Las Palmas</i>	118

ÍNDICE GRAFICOS

Gráfico 4.1. <i>Grupo étnico en la zona de estudio</i>	73
Grafico 4.2. <i>Genero</i>	74
Grafico 4.3. <i>Edades de personas entrevistadas</i>	75

Grafico 4.4. <i>¿Conoce Ud. Si alguna vez ha ocurrido un evento adverso (desastre) en el sector?</i>	76
Grafico 4.5. <i>¿Qué tipo de evento considera Usted que está expuesto el sector?..</i>	77
Grafico 4.6. <i>¿Durante el tiempo que habita en el sector, ha sido afectado por deslizamientos?</i>	78
Grafico 4.7. <i>¿Que afectación ocasiono el deslizamiento?</i>	79
Grafico 4.8. <i>¿Conoce usted cuál de las siguientes formas de organización existen en su sector?.....</i>	80
Grafico 4.9. <i>¿Tipo de actividad económica del jefe de familia?.....</i>	81
Grafico 4.10. <i>¿Nivel de dependencia de los integrantes de la familia?.....</i>	82
Grafico 4.11. <i>¿Disponibilidad de servicios básicos?.....</i>	83
Grafico 4.12. <i>Estado de los servicios básicos.....</i>	84
Grafico 4.13. <i>Sistema estructural de edificaciones.....</i>	106
Grafico 4.14. <i>Tipo de material de las paredes.....</i>	107
Grafico 4.15. <i>Número de pisos.....</i>	108
Grafico 4.16. <i>Año de construcción.....</i>	109
Grafico 4.17. <i>Estado de conservación</i>	110
Grafico 4.18. <i>Características de suelo bajo la edificación.....</i>	111
Grafico 4.19. <i>Topografía del sitio.....</i>	112
Grafico 4.20. <i>Nivel de vulnerabilidad de edificación en la vía Guaranda-Chimbo</i>	114

ÍNDICE IMÁGENES

Imagen 2.1. <i>Esquema de proyección de cambio de pendiente de un talud.....</i>	40
Imagen 2.2. <i>Remocion de material en la cabeza de un talud.....</i>	42
Imagen 2.3. <i>Bremas por medio de corte de material exterior del talud</i>	43
Imagen 2.4. <i>Colocacion de material al pie del talud</i>	44
Imagen 2.5. <i>Cuneta en la corona de un talud utilizan elementos prefabricados de concreto</i>	45
Imagen 2.6. <i>Contracuneta en base de talud.....</i>	45
Imagen 2.7. <i>Desagüe directo de una zanja drenante.....</i>	46
Imagen 2.8. <i>Esque de colocacion de drenes horizontales.....</i>	47
Imagen 2.9. <i>Empleo de biomantas para estabilización de taludes con problemas de erosión</i>	48
Imagen 2.10. <i>Colocacion de red de alta resistencia</i>	48
Imagen 2.11. <i>Revestimiento de talud con concreto lazado</i>	49
Imagen 2.12. <i>Recubrimiento de talud con mamposteria.....</i>	50
Imagen 2.13. <i>Estabilización utilizando capas vegetales.....</i>	50
Imagen 2.14. <i>Revestimiento de talud utilizando la tecnica Mulching</i>	51
Imagen 2.15. <i>Esque de una barrera viva</i>	51

Imagen 2.16. <i>Esquema barreras muertas</i>	52
Imagen 2.17. <i>Esquema muro de concreto armado</i>	53
Imagen 2.18. <i>Esquema muro de concreto simple</i>	53
Imagen 2.19. <i>Esquema muro de concreto ciclopeo</i>	54
Imagen 2.20. <i>Ejemplo muro de gavio colocado al costado de una vía</i>	55
Imagen 2.21. <i>Ejemplo muro de llantas colocado al costado de una vía</i>	55
Imagen 2.22. <i>Esquema de colocación de pilotes para estabilización de taludes</i> .	56
Imagen 4.1. <i>Precipitaciones registradas de 1963 a 1990 en la estación meteorológica San Simón</i>	100

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA APLICADA A LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	138
ANEXO 2: FICHA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL	140
ANEXO 3: FICHA DE VERIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA....	141
ANEXO 4: TABULACIÓN DE DATOS VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES.....	142
ANEXO 5: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LA POBLACIÓN.....	143
ANEXO 6: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA GUARANDA-CHIMBO.....	144
ANEXO 7: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	145
ANEXO 7.1: Presupuesto.....	145
ANEXO 7.2: Cronograma.....	146

TÍTULO o TEMA

Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017

RESUMEN EJECUTIVO

El Ecuador por su posición geográfica en el planeta, está sometido a varias amenazas las cuales pueden ser naturales o producidas por el hombre, dentro de las amenazas naturales las principales son: de origen geológico e hidro-meteorológico las cuales cada cierto tiempo afectan en mayor o menor grado a la población e infraestructuras, las que han tenido un mayor impacto socio-económico han sido las inundaciones, sismos, erupciones volcánicas y los movimientos en masa o deslizamientos.

La realización de obras de infraestructura con condiciones anti-técnicas afectan directamente la estabilidad de los taludes de una ladera debido a los cortes deficientes o construcciones sobre la cresta o ladera, lo cual ocasiona la infiltración no deseada de agua en el mismo, lo cual puede ocasionar posibles daños a edificaciones, carreteras, puentes, sistemas de alcantarillado, agua potable y canales de riego.

El proyecto de investigación titulado “Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017” tiene como objetivos realizar un diagnóstico socio-territorial, determinar el área y nivel de susceptibilidad de la amenaza a movimientos en masa, identificar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones e infraestructura vial expuesta a la amenaza antes mencionada y la formulación de estrategias que contribuyan a la mitigación de la vulnerabilidad ante la amenaza a movimientos en masa en el área de influencia del proyecto.

La presente investigación es de tipo no experimental, se utilizaron métodos cualitativos y cuantitativos, la información recolectada fue a través de fuentes de información primaria mediante la entrevistas al personal técnico de los GAD's de los Cantones San José de Chimbo y Guaranda, Secretaria de Gestión de Riesgos- SGR-Bolívar y la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP; aplicación de encuestas a los jefes de familias ubicadas en el área

de estudio y observación de campo. Los principales resultados obtenidos con el presente trabajo son:

Con respecto al diagnóstico socio-territorial la aplicación de encuesta fue realizada a 239 jefes de familia en su mayoría mujeres las cuales indica que si han ocurrido eventos adversos en el sector, en su mayoría deslizamientos los cuales han afectado la infraestructura de la vía Guaranda-Chimbo. La principal actividad económica de los jefes de familia de las zonas son las actividades agrícolas, en relación a los servicios básicos en la zona, esta no dispone de un sistema de alcantarillado, disponen de agua entubada, el estado de estos servicios en su mayoría son buenos.

En relación a la susceptibilidad a movimientos en masa en la vía, se evaluó a través de los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendientes y uso de suelo), que sumando a los factores desencadenantes (sismos y precipitaciones), permitieron determinar índices y niveles de amenaza de movimiento en masa que se representan en el mapa a escala 1:25.000. El área de estudio presenta niveles medios y altos de amenaza a movimientos en masa, por la geomorfología de valles encañonados y relieves montañosos, con pendientes medianas y fuertes, deficiente cobertura vegetal.

Se realizó la evaluación de vulnerabilidad a 290 edificaciones, en su mayor porcentaje tienen niveles bajos por ser edificaciones hormigón armado construidas en los últimos años, con un estado de conservación buena, las edificaciones con niveles medios y altos son estructuras de madera con paredes de adobe, ladrillo o bloque las cuales tiene niveles de conservación regulares o aceptables ubicadas sobre o bajo el nivel de la vía. En el presente trabajo se propone estrategias que contribuyan a la mitigación de la vulnerabilidad ante la amenaza de movimientos en masa, se plantea medidas estructurales, no estructurales y ambientales para las zonas críticas donde son más recurrentes estos eventos, las cuales deber ser evaluadas para ver su viabilidad y factibilidad por las instituciones y autoridades correspondientes.

INTRODUCCIÓN

La vía Guaranda-Chimbo (E-491) es uno de los principales ejes del sistema vial, que contribuye a la movilidad, conectividad y fomento de la economía entre los diferentes cantones de la Provincia Bolívar y el País, la misma que anualmente se ha visto afectada por movimientos en masa, permanentemente en periodos lluviosos (invierno).

El presente trabajo titulado: “Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo”. El área de estudio del presente proyecto de investigación se encuentra delimitado por el norte con el límite urbano de la ciudad de Guaranda, por el sur el límite urbano de la ciudad de San José de Chimbo, por el este las riberas del río Chimbo y por el occidente las líneas de cumbre de la cordillera de Chimbo.

Comprende aproximadamente 568,7 ha de área evaluando la susceptibilidad y amenaza a movimientos en masa, así como la valoración de la vulnerabilidad de 9,8 km de la vía E-491, se evaluó la vulnerabilidad de 290 edificaciones y se aplicó la encuesta a 239 jefes de familia para la elaborar el diagnostico socio-territorial de la zona de estudio.

El documento del proyecto de investigación se estructura de la siguiente manera:

En el capítulo I: El Problema, contiene el planteamiento y formulación del problema, así como los objetivos generales y específicos que se pretende alcanzar, la justificación y la descripción de las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo del proyecto de investigación.

En el capítulo II: Marco Teórico, se describe los antecedentes de proyectos relacionados con el tema de investigación, los cuales fueron desarrollados por diversos autores; las bases teóricas que se fundamentan en las definiciones y las metodologías que se han empleado para la elaboración del mapa de susceptibilidad

a movimientos en masa, así como para la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial. Se incluye las definiciones de términos (glosario), el planteamiento de la hipótesis de trabajo que en el caso de presente proyecto es descriptiva; y el planteamiento de un sistema de variables de estudio.

En el capítulo III: Marco Metodológico, se enuncia el nivel de investigación en donde establece el tipo, método así como el periodo de tiempo en que se desarrolla o el estudio, también se establece el diseño que es de tipo descriptivo analítico y mientras que el periodo de tiempo es transversal, se describe la población y muestra del sector, así como las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo IV: Resultados o Logros Alcanzados, se enuncia los resultados de los objetivos específicos planteados: el primer objetivo el diagnostico socio-territorial del sector en donde se evaluó la vulnerabilidad social; en los resultados del segundo objetivo susceptibilidad a movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo, además, se describe los registros históricos de deslizamientos en el área de estudio, así como los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendiente y uso de suelo) y desencadenantes (sismos y precipitaciones) que permitieron la elaboración del mapa de amenaza de movimientos en masa de la zona de estudio.

En los resultados del tercer objetivo, contiene la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones y sistema vial ante la susceptibilidad de deslizamientos, se describe las condiciones actuales de las edificaciones e infraestructura de la vía Guaranda-Chimbo; se incluye el análisis del nivel de exposición ante la amenaza de movimientos en masa. Como resultado cuatro, se establecen medidas y estrategias que contribuyan a la mitigación de la vulnerabilidad ante la amenaza de movimientos en masa, se plantean medidas estructurales, no estructurales y ambientales para las zonas críticas identificadas, así como medidas generales para toda la zona de estudio.

En el capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, se incluyen las conclusiones a las que se llegó con la elaboración del presente proyectos así como las recomendaciones que contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad en las edificaciones y la vía Guaranda Chimbo (E-491). Finalmente, se incluyen la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vía Guaranda-Chimbo E-491 es uno de los principales ejes del sistema vial de la zona centro del País y la Provincia Bolívar que permite la comunicación de personas, bienes y servicios entre las diferentes regiones, misma que contribuye considerablemente en la dinámica de la economía local.

El lugar donde se realizó el presente proyecto de investigación está caracterizado por una topografía irregular con fuertes pendientes, con la presencia de varios escarpes en la zona de influencia de la vía Guaranda-Chimbo; además las viviendas asentadas en este sector se encuentran expuestas a movimientos en masa a lo largo de la vía.

De acuerdo a reportes emitidos a la sala de monitoreo de emergencias de la Secretaria de Gestión de Riesgos SGR-Bolívar, se recolectó información de deslizamientos suscitados en el área de influencia del proyecto en los últimos siete años, evidenciado la susceptibilidad de este tipo de evento, según esta institución no se reportan heridos ni pérdidas económicas ocasionadas por este evento adverso.

A pocos metros del Night Club “Las Lomas”, en el sector la (Y) entrada al Cantón Chimbo, El Tejar, gasolinera Laurita, gasolinera del Sindicato de Choferes, km 1 de la vía Chimbo-Guaranda, son zonas que se ha visto afectadas por deslizamientos que se presentan principalmente en períodos lluviosos anualmente (invierno), estos eventos ocasionan que el normal flujo vehicular se vea afectado, en algunas ocasiones provocan el cierre de la vía para precautelar la seguridad de los conductores y poder realizar las obras de remoción de escombros, estos eventos ocasionan congestión debido a que no existe vías alternas para la movilización de los vehículos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General.

- Establecer el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017.

1.3.2 Objetivo Específico.

1. Realizar un diagnóstico socio territorial del área de influencia de la vía.
2. Determinar el área y niveles de susceptibilidad a movimientos en masa en la zona de influencia de la vía Guaranda-Chimbo.
3. Identificar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones e infraestructura vial expuesta a la susceptibilidad de movimientos en masa en la zona de influencia de la vía.
4. Formular estrategias que contribuyan a la mitigación de la vulnerabilidad ante la amenaza de movimientos en masa en el área de estudio.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y la Universidad Estatal de Bolívar (PNUD-SNGR-UEB, 2012), una de las principales amenazas que han causado mayor impacto en el Ecuador son los sismos, movimientos en masa que incluyen los deslizamientos, de ahí surge la importancia de poder realizar la presente evaluación de vulnerabilidad de la vía Guaranda-Chimbo, que permite identificar las áreas más vulnerables ante este tipo de evento.

La deforestación e intervención de los recursos forestales de manera inadecuada en laderas esto debido a los procesos urbanísticos, los regímenes climáticos cada vez más extremos que soporta el sector debido al desequilibrio de los fenómenos y eventos meteorológicos son otro de los factores que pueden influir en la generación de movimientos en masa en la zona de estudio.

La necesidad de la población de construir viviendas en zonas de laderas con el desconocimiento y no aplican de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015), trae como consecuencia la ubicación de viviendas en áreas susceptibles a movimientos en masa, mismas que pueden ser en quebradas, o áreas con pendientes fuertes lo que puede ocasionar pérdidas humanas y materiales.

La ocupación de áreas susceptibles es muy común, sin tomar en cuenta un diseño adecuado de las viviendas ante eventos adversos, este es un problema muy común en ciudades construidas en áreas montañosas, como resultado del crecimiento poblacional desordenado que se ha desarrollado hacia laderas susceptibles a deslizamientos activos por lluvias o sismos, mismo que aumenta la vulnerabilidad y exposición de este tipo de evento.

Para poder realizar obras de construcción de viviendas en laderas y vías en áreas de topografía irregular se requiere remover gran cantidad de movimientos de tierra, excavaciones y rellenos, otra amenaza como la ruptura de ductos de los sistemas de

agua potable presenta un agravante para la inestabilidad del terreno, el incremento de área urbana en zonas de pendientes o zonas inestables dan como resultado un nivel de vulnerabilidad alta tanto para las infraestructuras como para las personas que habitan el sector.

De acuerdo al mapa de aceleración sísmica a escala nacional diseñado por la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, 2015), el área de estudio se encuentra ubicado en la zona IV de peligro sísmico alto, con un valor Z de 0.35 g de aceleración en roca; además, la presencia de fallas locales activas como es la falla del río Chimbo, falla del río Salinas podrían influir como factor desencadenante en la amenaza a movimiento en masa en la zona de estudio.

Razón por la cual, se ha propuesto realizar el siguiente trabajo de investigación denominado ***“Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones e infraestructuras vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el período 2017”***.

En el presente trabajo de investigación se realizó un diagnóstico socio-territorial de la zona de estudio, se evaluó la susceptibilidad y amenaza de movimientos en masa a través de los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendiente y uso de suelo) y desencadenantes (sismos y precipitaciones), mediante un análisis cualitativo y cuantitativo se identificó los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones y la infraestructura vial. Los resultados obtenidos permitieron establecer una zonificación indicando las áreas con mayor nivel de vulnerabilidad ante deslizamientos en la zona de influencia de la vía Guaranda-Chimbo. Para posteriormente establecer estrategias o acciones de mitigación para reducir el nivel de exposición y de esta manera contribuir en la seguridad y proceso de buen vivir de la población.

1.5. LIMITACIONES

- Una de las principales limitaciones para el desarrollo del presente proyecto de investigación fue no disponer de recursos económicos suficientes para realizar estudios geotécnicos en el área de estudio, que constituye uno de los factores que contribuiré a determinar a mayor detalle el nivel de susceptibilidad a movimientos en masa.
- En relación a la aplicación de la encuesta a la población ubicada en el área de influencia del proyecto, un limitante fue el desconocimiento en relación al tema y la poca colaboración de la población al momento de responder las preguntas de la encuesta.
- Escasa colaboración de los GAD's del Cantón San José de Chimbo y Cantón Guaranda en relación a información referente a deslizamientos suscitados en el sector, y mapas geológicos y geomorfológicos a escala local.
- Las condiciones climáticas en relación a las precipitaciones constantes en etapa invernal, limitaron la aplicación de la encuesta y realización de trabajo de campo en el área de influencia del presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se revisaron diferentes estudios de autores e instituciones que han trabajado en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa; así como de vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial, entre los cuales se destacan:

El trabajo titulado “**Análisis de riesgos y Vulnerabilidad de la infraestructura vial del sector Guzho en la autopista Cuenca-Azogues desde el Km 0 hasta el Km 1.4**”, La investigación fue elaborado por María José Navas Muños estudiante de la Universidad Estatal de Cuenca, en la carrera de Ingeniería Civil en el año 2013. El objetivo del trabajo fue la obtención de mapas de riesgos y vulnerabilidades enfocadas en la infraestructura vial mediante la verificación de las condiciones geológicas de la zona.

La metodología empleada para la investigación se basa en el reconocimiento de campo de la zona de estudio, revisión de información técnica y cartográfica del lugar mediante la fotografía aérea de fuentes provenientes de páginas como son: Google Maps, Google Earth, estudios geológicos del área realizados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, recopilación de información geológica del lugar y análisis de los mismo mediante fuentes secundarias.

Para la determinación de riesgos y vulnerabilidades de la infraestructura vial, se elaboraron mapas de riesgos y vulnerabilidades como resultado de la investigación, se concluye que el área se ve afectada por deslizamientos de clase rotacional, ocasionados por la litología compuesta principalmente de arcilla expansiva más el agua lluvia, hace que el material sea poco resistente y muy permeable lo que ocasiona los deslizamientos. A través de los diferentes mapas permiten representar las zonas vulnerables a deslizamientos activos, mediante el Sistema de Información Geográfica ArcGIS (Muñoz, 2013).

En el trabajo denominado “**SIG aplicada a la zonificación de amenazas por deslizamientos en la vía Aloag-Tandapi (Ecuador)**”, elaborado por Andrés Gabriel Gallegos Martínez estudiante de la Universidad de Salzburg de Austria en el año 2015, el objetivo fue la zonificación de la amenaza por remoción en masa a lo largo de la vía Aloag-Tandapi mediante el uso de SIG.

La metodología en el estudio considera el levantamiento de información geológica de áreas donde se genera fenómenos de remoción en masa identificados en el campo, el análisis de variables de manera cualitativa y cuantitativa mediante el método heurístico. Las variables consideradas son la litología, grado de pendiente, precipitaciones, uso de suelo y morfometría del talud.

La representación cartográfica consiste en la elaboración de mapas temáticos en un sistema SIG, se requirió el diseño de una base de datos con un inventario de los fenómenos ocurridos en la zona de estudio, interpretación de imágenes satelitales y modelos de elevación digital (MED), para identificar los potenciales deslizamientos.

Los resultados obtenidos indican que los fenómenos de remoción en masa ocurridos en la vía Aloag-Tandapi corresponden principalmente a deslizamientos, flujos de lodos y caídas de rocas relacionados con la lluvia. La conclusión del trabajo fue que la zonificación de la amenaza en la vía Aloag-Tandapi que se describe en tres niveles que se han catalogado bajo la ponderación de variables en relación con lo observado en el campo.

Cada una de las variables analizadas para la zonificación posee una estrecha relación con los procesos de desprendimiento del material, durante los procesos de análisis de cada variable. Se concluye que la precipitación sumado con el uso de suelo conlleva a la ocurrencia inminente de un deslizamiento (Martínez, 2015).

Con respecto al estudio realizado “**Susceptibilidad y amenaza de movimiento de laderas mediante SIG en el municipio de Berlín, El Salvador**”, desarrollada por Jorge Navarro Vidal estudiante de la Universidad Complutense de Madrid en el año 2012, el objetivo principal del proyecto fue calcular la susceptibilidad y la amenaza de movimientos de laderas.

La metodología utilizada fue el cálculo de la susceptibilidad a través del análisis de las frecuencias de deslizamientos de laderas y el cálculo de la susceptibilidad mediante evaluación multicriterio (EMC). El primer método desarrollado fue el análisis estadístico de la frecuencia de eventos registrados en una base de datos y los valores de las variables de susceptibilidad seleccionadas para el estudio, los factores que se analizaron fueron: pendiente, orientación, rugosidad, curvatura, litología, geotécnico y uso de suelo.

El segundo método consiste en el diseño de una matriz con criterios y alternativas definidas que consiste en la agregación de las distintas puntuaciones de los criterios estableciendo pesos, el propósito del método es permitir estructurar un problema multicriterio en forma visual mediante la construcción de un modelo jerárquico.

Se concluye que la susceptibilidad de los movimientos en masa deben ser estudiadas en cada espacio geográfico con los medios y datos disponibles, a una escala local es muy importante recurrir a la opinión y juicios de los expertos (método heurístico), mismo que pueden aportar conocimientos concretos. La factibilidad del cálculo en SIG no permite obtener gran cantidad de variables relacionadas a la superficie del terreno, disponer de un modelo digital de terreno incluyendo factores derivados como la pendiente, la orientación, la rugosidad y la curvatura de manera muy sencilla, se debe tener en cuenta el trabajo de campo indispensable para poder realizar un buen mapa de susceptibilidad a los movimientos de ladera (Vidal, 2012).

En el proyecto “**Metodología para el análisis de riesgos (sismos, deslizamientos e inundaciones) de la ciudad de Guaranda**”, desarrollado por la Universidad Estatal de Bolívar en el periodo 2012-2013, como parte de proyecto se efectuó la tesis de grado “Estudio de la vulnerabilidad física, ante eventos adversos (sismos, deslizamientos e inundaciones) en el sistema de red vial en el área urbana de la ciudad de Guaranda”, elaborado por José Patricio Aguaguña Agualongo en el año 2013.

El objetivo principal de la tesis de grado antes mencionada fue realizar el estudio de la vulnerabilidad del sistema vial ante eventos adversos en la ciudad de Guaranda, se basó en la propuesta metodológica desarrollada por la SNGR-PNUD en el año 2012.

El trabajo se desarrolló mediante métodos como: análisis geográfico-histórico, análisis heurísticos y mapeo de los factores de vulnerabilidad a través de mapas temáticos, investigación de campo en un tiempo transversal con la recolección y sistematización de información primaria y secundaria, a través de entrevistas a actores claves y observación de campo.

Se asignaron los mismos valores establecidos de la metodología para el análisis de la vulnerabilidad a nivel municipal PNUD-SNGR en el año 2012 para el cálculo de indicadores dependiendo de la condición del elemento a evaluar y al tipo de amenaza se asignó valor de uno a los indicadores que demuestran mayor seguridad y un valor de diez a los indicadores que demuestran mayor nivel de vulnerabilidad (Universidad Estatal de Bolívar, 2014).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición de movimientos en masa

Son movimientos de tierra, lodo, roca y otros materiales, los cuales se desprende de una montaña o ladera, y por la fuerza de la gravedad se deslizan arrasando la infraestructura ubicada en los francos, afectando el pie y la corona de la misma. El principal detonante de estos fenómenos es la presencia de agua, la cual puede ser superficial o subterránea, por lo que la cantidad de eventos es mayor en estaciones lluviosas (Iriondo, 2009).

2.2.2. Tipos de movimientos en masa

2.2.2.1. Deslizamientos

Son movimientos de terreno bien definidos en cuanto a volumen se refiere cuyo centro de gravedad se disloca hacia abajo y para afuera del talud. La masa puede deslizarse entera a lo largo de la superficie de fractura que puede ser cóncava o plana, se los define también como movimientos rotacionales de base cuando la superficie de fractura se extiende hasta la base del talud o por debajo de ella (Iriondo, 2009).

Los deslizamientos pueden deslizarse moviéndose relativamente con respecto al sustrato; la masa se desliza en conjunto, la velocidad puede ser muy variada, pero suelen ser procesos rápidos alcanzando grandes volúmenes se puede distinguir dos tipos de deslizamientos rotacionales y traslacionales (González, Ferrer, 2010).

Deslizamientos rotacionales: Son frecuentes en cohesivos (homogéneos), la rotura superficial o profunda tiene lugar a favor de superficies curvas la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre si y dan lugar “escalones” con la superficie basculada hacia la ladera y grietas de tracción estriadas (González, Ferrer, 2010).

Deslizamientos traslacionales: La rotura tiene lugar a superficies planas preexistentes, superficies de estratificación contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural provocando en ocasiones que el plano de rotura sea una fina capa de material arcilloso con estratos de mayor competencia (González, Ferrer, 2010).

2.2.2.2. Derrumbe

Son movimientos o caída bruscas de fragmentos de roca o suelo, que permanecen en estabilidad precaria en el talud y desprenden el mismo por la acción de la gravedad, cuando se produce condiciones extremas en avalanchas o aludes los derrumbes pueden ocurrir con mucha frecuencia en taludes de roca que en los suelos (Iriondo, 2009).

2.2.2.3. Flujos

El límite de líquido de los suelos cohesivos se supera cuando la presión de poros del agua intersticial sobrepasa a la fricción interna, esto ocurre cuando los movimientos en masa corren como flujos viscosos pendiente abajo (Iriondo, 2009).

Los flujos o coladas son movimientos de masas (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está esparcido y se comporta como un fluido, provocando una deformación continua (González, Ferrer, 2010).

Coladas de barro o tierra: Son materiales predominantemente finos y homogéneos, y su velocidad puede alcanzar varios metros por segundo.

Flujos de derrubios: Son movimientos muy complejos que engloban fragmentos rocosos, bloques y gravas que tienen lugar en laderas cubiertas por material suelto o no consolidado que no existe cobertura vegetal (González, Ferrer, 2010).

2.2.2.4. Reptación

Son movimientos superficiales muy lentos, casi impredecibles, conjunto de masas de suelos y rocas sueltas pendiente abajo. Tratándose de un tipo especial de flujo (Iriondo, 2009).

La reptación afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformación continua que se manifiestan en la inclinación o falta de alineación de los árboles, vallas, muros, postes y en laderas (González, Ferrer, 2010).

2.2.2.5. Hundimientos

Son movimientos de la superficie terrestre en el cual predomina el sentido vertical, los cuales se pueden producir en lugar con distintas características y pendientes, los cuales pueden ser inducidos por distintas causas y desollados con velocidades muy rápidas o muy lentas, según el mecanismo que ocasiona la inestabilidad del terreno (Iriondo, 2009).

||2.2.3. Factores de susceptibilidad a movimientos en masa

2.2.3.1. Factores condicionantes.

Son características resistentes de ladera o vertientes por los esfuerzos que se generan en ellas. Tales como tipo de material y estructura que permiten definir la susceptibilidad del terreno a los deslizamientos o caída de roca (Mira, 2011).

Factores condicionantes: Se relacionan con propiedades físicas y resistentes de los materiales directamente relacionados con la litología y las características morfológicas y geométricas de la ladera son fundamentales para la predisposición a la inestabilidad; otros factores importantes son la estructura geológica y discontinuidades, las condiciones hidrogeológicas y los estados tenso-deformaciones” (González, Ferrer, 2010).

Relieve: Juega un papel definitivo, ya que se necesita cierta pendiente para que se produzca los movimientos gravitacionales. El relieve también presenta pendientes muy pronunciadas y elevadas relativamente en zonas que son propensas a movimientos e laderas, flujos de barro o tierra que son factores que influyen en la inestabilidad del suelo (González, Ferrer, 2010).

La **estructura geológica, estratigráfica y litología** determinan la potencialidad de movimientos en los diferentes tipos de materiales rocosos y suelos, la existencia de planos de discontinuidad que puedan actuar como superficies de rotura. Aspectos como la composición, resistencia, deformabilidad, grado de alteración y fracturación, porosidad y permeabilidad determinan la posibilidad del terreno de sufrir roturas y desplazamientos bajo la actuación de determinados factores desencadenantes. En los macizos rocosos fracturados, con zonas de alteración, etc., estas condiciones son predominantes sobre la litología (González, Ferrer, 2010).

Hidrogeológico: Son materiales que están asociados con litología y geología estructural que presenta un grado de alteraciones, con aspectos relacionados a las condiciones climáticas de una zona determinada alterando los sustratos y niveles freáticos elevados que influyen en la inestabilidad del terreno, se involucra también el agua que afectan en la resistencia de los materiales, reduciendo la firmeza al corte de presiones intersticiales en el tipo de suelos, que generan fuertes desestabilidad en grietas (González, Ferrer, 2010).

Geotécnica o Geo-mecánica: Es una rama de la geología que estudia las propiedades mecánicas, hidráulicas provenientes de los materiales del medio geológico, los suelos y rocas, son mecanismos que aplican ciencias naturales, física y el comportamiento para involucrar los problemas que están afectando a la corteza terrestres (González, Ferrer, 2010).

Uso de suelos: Es un recurso natural único sometido a una gran presión antrópica es utilizada para uso forestal, agrícola, minería, industria. Los principales usos de

suelos que se utilizan son: agrícola (cultivos), pasto para ganado; forestal, para madera o pastoreo; uso mineros, uso industrial, uso de servicios, carreteras, autopistas, asentamientos humanos urbano y rural.

Cobertura vegetal: Está definida por una capa de vegetación natural que cubre toda la superficie terrestre, comprendida por una extensa gama de biomas con características ambientales que van desde pastizales hasta áreas totalmente cubiertas por bosques naturales y áreas protegidas (IGN, 1985).

2.2.3.2. Factores detonantes

Producen variaciones en las características de las vertientes, así como en los esfuerzos que en ellas se generan, rompiendo el equilibrio estático existente, las cuales pueden ser de tipo natural o antrópico:

- **Tipo natural:** Socavación por el agua encauzada, impregnación de los materiales por la lluvia, acción hielo/deshielo, crecimiento de la cobertura vegetal, actividad sísmica, etc.
-
- **Tipo antrópico:** Excavaciones por obras civiles, explosiones, sobrecargas, repoblaciones, deforestación, cambios de usos de suelo con incidencia en la infiltración y en la red de drenaje (Mira, 2011).

Factores desencadenantes: Son precipitaciones y cambios en las condiciones hidrogeológicas de las laderas, que modifican la geometría, la erosión de los terrenos (González, Ferrer, 2010).

- **Precipitaciones y condiciones climáticas:** Provocan brotes de movimientos bruscos en laderas por causa meteorológica y cambios climáticos que se relacionan con el volumen, intensidad y precipitación (González, Ferrer, 2010).

- **Movimientos superficiales:** Son deslizamientos y flujos de barro que afectan a materiales de suelos que alteran y provocan desprendimiento de bloques rocosos siendo más frecuentes las reactivaciones de antiguos deslizamientos (González, Ferrer, 2010).
- **Sismos:** Pueden provocar movimientos de todo tipo en las laderas, dependiendo de las características de los materiales, de la magnitud y de la distancia al epicentro. Desprendimientos de bloques, deslizamientos, flujos y avalanchas rocosas pueden ocurrir durante las sacudidas sísmicas (González, Ferrer, 2010)
- **Licuefacción:** Son materiales finos y sueltos, como arenas y limos que pueden influir en los antiguos deslizamientos con materiales saturados y sin cohesión (González, Ferrer, 2010).

2.2.4. Susceptibilidad a movimientos en masa

La susceptibilidad de los terrenos generan remociones en masa que (incluyen deslizamientos y caída de rocas). La geología y la geomorfología, geotécnica y pendientes presentan los mismos materiales y las mismas o mayores pendientes que son potencialmente susceptibles a presentar fenómenos de remoción en masa (Castillo, 2010).

Se puede definir como susceptibilidad a una zona posiblemente afectada por un determinado evento, expresada en diversos grados cualitativos y cuantitativos, dependiendo de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de estos procesos, que pueden ser intrínsecos de materiales geológicos o externos (González, Ferrer, 2010).

2.2.4.1. Método de Mora-Vahrson modificada para la cuantificación de la amenaza ante movimientos en masa

Es de tipo explícito semi-analítico se aplica durante la combinación de parámetros, los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfo-dinámicos y su distribución espacial. Tales parámetros se reflejan en los factores que conducen a la inestabilidad de la ladera, dentro de estas condiciones los factores morfo-dinámicos desestabilizan las laderas las cuales presentan un grado de susceptibilidad por los factores pasivos, en esta metodología se utiliza la sismicidad y las lluvias intensas como elementos activos o factores de disparo que perturban el equilibrio de los materiales que predominan en la ladera (Barrantes, Nuñez, 2011).

La metodología empleada está basada en el método de Mora-Vahrson, el cual consiste en la ponderación de los parámetros condicionantes y detonantes que influyen en la generación de los movimientos en masa. Consiste en la modelación del mapa de susceptibilidad ante la amenaza de deslizamientos que afecta la zona de estudio. Para lo cual es necesaria la recopilación de información preliminar que permita tener una base de datos sustentable para la elaboración del presente estudio, la información secundaria a utilizarse es:

- Modelo digital del terreno
- Mapa de pendiente
- Mapa de uso y cobertura de suelo
- Mapa geológico del área de estudio
- Mapa geomorfológico
- Mapa hidrológico
- Registro de movimientos en masa en la zona a analizarse
- Registro de precipitación o intensidad de lluvias

Para poder superar inconvenientes de métodos geomorfológicos se desarrolló otro tipo de método basado en la combinación cualitativa de mapas que también son de carácter cualitativo, basándonos en el conocimiento y experiencia de los

investigadores, ya que ellos deciden que parámetros son considerados importantes en la generación de movimientos de laderas, para cada factor que se consideró se asignaron pesos de ponderación; y a su vez diferentes valores a cada parámetro de los factores planteados. Se pueden emplear varios mapas dependiendo del nivel de detalle que se propone lograr en el estudio, se considera de mayor importancia la geomorfología, inventario de deslizamientos, pendiente, geología, uso de suelo y cobertura vegetal, red de drenajes.

El presente trabajo se basó también en la metodología de evaluación de movimientos en masa propuesta por la SENPLADES, INIGEMN, CLIRSEN, MAGAP (2012), mismas que toman en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes para el análisis, por lo cual se hizo una adaptación a estas metodologías presentando la siguiente formula:

$$H=S*FD$$

$$S= \sum (\text{Geología} + \text{Geomorfología} + \text{Pendiente} + \text{Uso de Suelo y Cobertura Vegetal}) + (\text{Sismos} + \text{Precipitaciones})$$

Tabla 2.1. Pesos de ponderación asignados a los factores para evaluación de la amenaza a movimientos en masa

Factores	Variables	Indicadores	Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Condicionantes	Pendiente	De 0 % a 25 %	1	2,0	2,0
		>25 % a 40 %	5		
		> 40%	10		
	Geología	Formación Macuchi	1	3,0	3,0
		Volcánicos Guaranda	5		
		Volcánicos Lourdes	5		
		Depósitos Aluviales	10		
		Depósitos coluvio aluviales	10		

	Geomorfología	Depósitos de ladera (coluvial)	10	1,0	1,0
		Depósitos de ladera (derrumbe)	10		
		Afloramiento rocos	1		
		Colinas medias	5		
		Zonas deprimidas	5		
		Valles encañonados	10		
		Relieves montañosos	10		
	Uso de suelo y cobertura vegetal	Centros poblados	1	3,0	3,0
		Bosque nativo	1		
		Matorrales	1		
		Bosque plantados con cultivos de maíz	5		
		Cultivos de ciclo corto	10		
		Suelo desnudo	10		
	Desencadenantes	Precipitaciones	<200mm	1	0,5
201-300mm			5		
>301mm			10		
Sismicidad		I-V (Escala MSK)	1	0,5	0,5
		VI-VII (Escala MSK)	5		
		>VIII (Escala MSK)	10		

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017

2.2.4.2. Mapas de susceptibilidad

Mapas de inventario: Las áreas que sufren o han sufrido procesos pueden volver a sufrirlos.

Mapas de factores: Las áreas que influyen en los factores que condicionan los procesos en una determinada zona, que hayan presentado hasta la actualidad algún evento adverso pueden ser afectados a futuro (González, Ferrer, 2010).

2.2.5. Vulnerabilidad físico-estructural de edificaciones, e infraestructura vial a movimientos en masa

2.2.5.1. Vulnerabilidad físico-estructural de edificaciones

Para el análisis de los factores físico-estructurales de las edificaciones, se enfoca en la evaluación de las características de la construcción y de las variables intrincadas de la estructura, en donde se diferencian las debilidades o falta de resistencia ante la potencia ocurrencia de amenazas de deslizamiento (Grunauer, 2012). Las metodologías varían dependiendo no solo del tipo de estructura y la amenaza a la que está expuesta, también depende del nivel de precisión que se quiere lograr y la disponibilidad de la información requerida, dicho análisis se realiza mediante métodos cualitativos y cuantitativos (Grunauer, 2012).

Análisis de vulnerabilidad física-estructural de edificación

Para la evaluación del presenta proyectos se basa en la metodología propuesta por la Secretaria de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SNGR-PNUD 2012), donde se evalúan las características del sistema estructural de las edificaciones, mismas que pueden presentar diferentes debilidades o falta de resistencia ante diferentes fenómenos externos.

Esta metodología asigna valores ya establecidos para el cálculo de la vulnerabilidad física frente a la amenaza de deslizamientos, estos valores varían dependiendo de indicador de las variables, se otorgan valores mínimos de 1 a indicadores con menor nivel de susceptibilidad de amenaza, valores de 5 a indicadores con un nivel medio, y con un valor máximo de 10 a indicadores que tienes niveles altos de susceptibilidad a la amenaza de deslizamientos.

Las variables para la evaluación de la vulnerabilidad física de las edificaciones ante la susceptibilidad de deslizamientos son: sistema estructural, tipo de material de las paredes, número de pisos, año de construcción, estado de conservación, características de suelo bajo la edificación y topografía del sitio. Los valores de los

indicadores, pesos de ponderación y valores máximos asignados a los indicadores de cada variable de describen en la tabla 2.2.

Los valores de los indicadores de cada variable de estudio son multiplicados por los pesos de ponderación asignados de acuerdo a la amenaza de deslizamiento, lo cual dan como resultados los valores máximos de cada indicado en un rango de 1 a 100 la sumatoria de estos valores determinan el nivel de vulnerabilidad de la edificación.

Tabla 2.2. Variables, Indicadores y pesos de ponderación establecidos para evaluación de vulnerabilidad física de edificaciones

Variables de vulnerabilidad	Indicadores	Valores de indicador	Pesos de ponderación	Valores máximos
Sistema Estructural	Hormigón armado	5	0,8	0,8
	Estructura metálica	5		
	Estructura de madera	10		
	Estructura de caña	10		
	Estructura de pared portante	10		
	Mixta madera Hormigón	10		
	Mixta metálica hormigón	10		
Tipo de material de las paredes	Pared de ladrillo	5	0,8	0,8
	Pared de bloque	5		
	Pared de piedra	10		
	Pared de adobe	10		
	Pared de tapia-bahareque - madera	10		
Número de pisos	1 piso	10	0,8	0,8
	2 pisos	5		
	3 pisos	1		
	4 pisos	1		
	5 pisos o mas	1		
Año de construcción	Antes de 1970	10	0,8	0,8
	Entre 1971 y 1980	5		
	Entre 1981 y 1990	1		
	Entre 1991 y 2010	1		
Estado de conservación	Bueno	1	0,8	0,8
	Aceptable	1		
	Regular	5		
	Malo	10		
Características de suelo bajo la edificación	Firme, seco	1	2,0	2,0
	Inundable	10		
	Ciénega	10		

	Humeo, blando, relleno	5		
Topografía del sitio	A nivel, del terreno	1	4,0	4,0
	Bajo el nivel del terreno	10		
	Sobre el nivel calzada	1		
	Escarpe positivo o negativo	10		
				10,0

Fuente: SNGR-PNUD-UEB (2014)

Nivel de vulnerabilidad de edificaciones ante la amenaza de deslizamientos

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones deben ser calificados, de acuerdo al puntaje obtenido de la sumatoria de los valores máximos de las variables, cada predio podrá tener un máximo de 100 puntos. A mayor puntaje, mayor vulnerabilidad estructural de la edificación. Partiendo de esta condición se procederá a calificar a cada predio en función de la cantidad de puntos obtenidos.

Tabla 2.3. Nivel de vulnerabilidad de edificaciones

Nivel de vulnerabilidad	Rango de Puntuación
Bajo	1 a 33
Medio	34 a 66
Alto	67 a 100

Fuente: SNGR-PNUD-UEB (2014)

2.2.5.2. Vulnerabilidad de infraestructura vial

La red de vialidad constituye el soporte físico del desarrollo territorial, son herramientas de gestión para el proceso urbanístico, se constituye en instrumentos de fortalecimiento del desarrollo humano, la economía local y regional (Grunauer, 2012).

Son infraestructuras esenciales para el desenvolvimiento normal de una población, y en caso de desastres, son primordiales para garantizar los funcionamientos normales, la atención de emergencias, la pronta recuperación y la rehabilitación del territorio (Grunauer, 2012).

Una de las principales vías de movilidad y conectividad del Cantón y Provincia Bolívar es la vía Estatal-491 la cual se encuentra a cargo de la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, mismas que está expuesta a accidentes de tránsito en algunos tramos por el desprendimientos de rocas y suelos en etapa invernal; debido a la topografía irregular de la zona.

En la vía Guaranda-Chimbo no se ha realizado obras de mitigación o prevención ante la ocurrencia de este tipo de eventos por los que es una zona con un nivel alto de susceptibilidad de deslizamientos de taludes los cuales pueden provocar desprendimiento o caída de rocas en la vía afectado el normal flujo vehicular.

Análisis de vulnerabilidad física de infraestructura vial

La metodología empleada para la evaluación de la vulnerabilidad física de la infraestructura de la vía Guaranda-Chimbo, es a través de la metodología propuesta por la Secretaria de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SNGR-PNUD 2012). En donde se asigna valores a los diferentes indicadores de las variables de vulnerabilidad, dependiendo de la condición de los mismos.

Las variables consideradas para la evaluación son: estado de revestimiento, mantenimiento y estándares de diseño de construcción de la vía, se asigna un valor menos de 1 a indicadores que tengan un nivel bajo de vulnerabilidad, con un valor de 5 a indicadores que tenga un nivel medio y con un valor máximo de 10 a indicadores que tenga niveles altos de vulnerabilidad, ante la ocurrencia de deslizamientos en la vía.

Para el cálculo de los niveles de vulnerabilidad física de la vía, se multiplican los valores asignados de los indicadores de las variables por los pesos de ponderación, la sumatoria de estos valores dan como resultado los valores máximos, en un rango de 1 a 100 puntos, de donde se puede obtener los niveles de vulnerabilidad.

Tabla 2.4. Variables, Indicadores y pesos de ponderación establecidos para evaluación de vulnerabilidad física de infraestructura vial

Variables de vulnerabilidad	Indicadores	Valor del indicador	Peso de ponderación	Valores máximos
Estado de revestimiento	Bueno	1	2	20
	Regular	5		
	Malo	10		
Mantenimientos	Planificado	1	4	40
	Esporádico	5		
	Ninguno	10		
Estándares de diseño y construcción	Aplica normas del MTOP-2002	1	4	40
	Versiones anteriores al 2002	5		
	No aplica normativa	10		
				10,0

Fuente: SNGR-PNUD-UEB (2014)

Nivel de vulnerabilidad de edificaciones ante la amenaza de deslizamientos

Para establecer los niveles de vulnerabilidad de la vía Guaranda-Chimbo ante la amenaza de movimientos en masa se clasifica en niveles, de acuerdo a los puntajes obtenidos en el paso anterior, la cual podrá tener un valor máximo de 100 puntos, serán consideradas con niveles altos de vulnerabilidad las que tengan un mayor puntaje y con un nivel bajo las que tengan valores menores de puntuación.

Tabla 2.5. Nivel de vulnerabilidad de infraestructura vial

Nivel de vulnerabilidad	Rangos de Puntuación
Bajo	1 a 33
Medio	34 a 66
Alto	67 a 100

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017

2.2.6. Medidas estructurales

Las técnicas de mitigación de deslizamiento se suelen agrupar en diferentes criterios de acuerdo a la función que realizan las cuales pueden desempeñar más de una función. A continuación se presentan varias técnicas de acuerdo a la función que desempeñan sobre la estabilización del material. La clasificación de estas técnicas es mediante la reducción de fuerzas actuantes e incremento de fuerzas resistentes.

2.2.6.1. Reducción de fuerzas actuantes

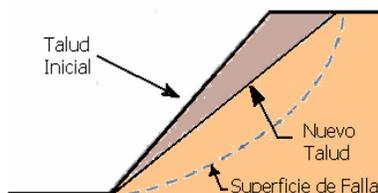
Es el proceso por el cual se logra el equilibrio de las masas de talud reduciendo las fuerzas desestabilizantes que ocasiona el deslizamiento esto se realiza mediante el cambio de pendiente, un sistema de drenaje, protección de la superficie y reducción de peso. Con el cambio de pendiente de los taludes se logra retribuir las fuerzas de los pesos de los materiales obteniendo una mayor estabilidad de los mismos a continuación se detallan varios métodos.

a) Modificación de geometría del talud

➤ Abatimiento o cambio de pendientes de taludes

Es la modificación de la pendiente cuyo propósito es lograr que esta sea menor permitiendo aumentar su estabilidad este método funciona tanto para materiales sueltos como rocosos, su uso no es recomendado para taludes de gran altura por los costos elevados que ocasiona.

Imagen 2.1. Esquema de proyección de cambio de pendiente de un talud



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Foto 2.1. Abatimiento de pendiente



Fuente: Pineda (2013)

Al disminuir la pendiente se hace más largo el círculo crítico de falla y más profundo para el caso de un talud estable aumentado el factor de seguridad mediante la estabilidad del relleno, alejando la corona del pie del talud disminuyendo el peligro de erosión debido a que se disminuye la velocidad de escurrimiento del agua (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Abatimiento de talud por corte

Es una labor difícil y costosa para su ejecución se debe estudiar a fondo el problema evaluando la frecuencia, número y volumen de los derrumbes, este método se aplica con mayor éxito en deslizamientos en el cuerpo del talud su eficiencia no es de alcance total. Si los suelos del talud son puramente friccionante la estabilidad aumenta con la inclinación pero si el suelo es cohesivo los beneficios serán escasos ya que la estabilidad del mismo está condicionada por la altura del talud (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Foto 2.2. *Proceso de abatimiento de talud de corte*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Remoción de material de la cabecera**

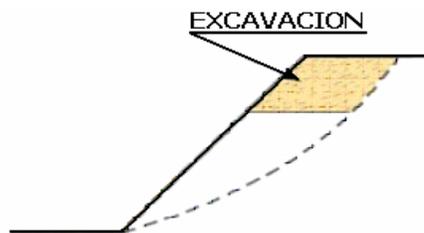
Una remoción adecuada de la parte superior del talud resulta en un equilibrio de fuerzas mejorando la estabilidad del talud es muy empleado en fallas activas, efectivo en la mitigación de deslizamientos rotacionales dependiendo de la cantidad de masa deslizadas será la magnitud de la masa a remover.

Previamente se debe calcular la cantidad de material que se va a remover con base al análisis de estabilidad y factor de seguridad propuesto, estos cálculos se realiza

mediante un sistema de ensayos y errores, la efectividad técnica del sistema y el factor económico determinan su viabilidad.

Se establece un campo de dimensión del corte a realizar, luego se procede a la remoción del material de la cabeza mediante el uso de retroexcavadora dependiendo de la topografía de sitio y dimensión del talud se puede hacer uso de un tractor en el proceso de corte se realizara un proceso de perfilado y posteriormente el desalojo del material de la zona (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.2. *Remocion de material en la cabeza de un talud*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

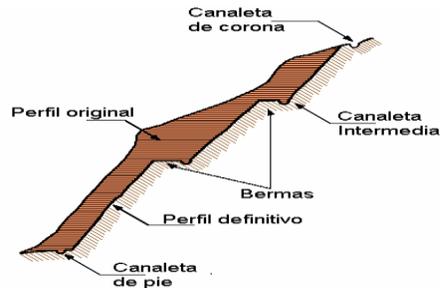
➤ **Escalonamiento de talud**

Es la construcción de descansos planos en las zonas medias de los taludes también son conocidas como “BERMAS” las cuales son cortes o compactaciones adecuadas de tierra con el fin de mejorar la estabilidad de taludes en base a su propio peso, no existe reglas fijas para sus dimensiones se calculan mediante aproximaciones sucesivas. Se decide este tipo de medida antes de la conformación del talud dado que sirven para retener bloques que se desprenden y roturas de talud, para instalación de medidas de drenaje. Este tipo de construcción evita que se produzcan roturas superficiales que puedan afectar el frente del talud.

Las bermas dividen en varios taludes los cuales tienen un comportamiento independiente mismo que deben ser estables, el terraceo se puede realizar con el propósito de controlar la erosión y facilita la estabilidad de vegetación. La altura de las gradas es generalmente de 5 a 7 metros, cada grada debe tener una cuneta revestida para el control de aguas superficiales, las mismas que debe de conducir a una estructura de recolección, las terrazas son muy útiles en el control de agua de

escorrentías. Los criterios para el diseño de bermas son mediante el factor geológico, meteorización, estructuras geológicas, minerales de arcilla, niveles freáticos y sismicidad.

Imagen 2.3. *Bermas por medio de corte de material exterior del talud*



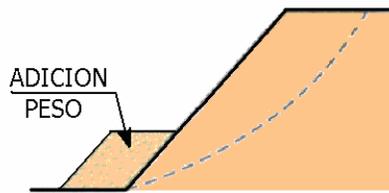
Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ Empleo de contrapeso al pie del talud

La colocación de pesos adicionales en la base del talud con inestabilidad de deslizamiento de tipo rotacional genera un momento en dirección contraria al deslizamiento aumentando el factor de seguridad, este efecto es hacer que el círculo crítico del talud se haga más largo, estos muros pueden ser construidos con muros de contención o rellenos de tierra armada. Se debe realizar un análisis de peso requerido para determinar un factor de seguridad.

Las bermas o contrabermas son empleadas para colocar una carga al pie de un terraplén sobre suelo blando aumentando la resistencia la misma que son colocadas de acuerdo al análisis de estabilidad, la función de la contrabermas es crear un contrapeso aumentando la profundidad y círculo crítico de falla (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.4. Colocacion de material al pie del talud



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

b) Sistema de drenaje

Tiene como finalidad eliminar o disminuir el agua presente en el talud, estas medidas son generalmente las más efectivas debido a que el agua es la principal causa detonante de inestabilidad de taludes, aumentado el peso de la masa inestable, elevando el nivel freático, reblandeciendo el terreno y erosionándolo.

➤ Drenaje superficial

Es la captación de agua que corre por la superficie las cuales son conducidas a lugares donde ya no sean consideradas como dañinas para la inestabilidad de un talud, deben ser diseñando para evitar que se acumule el agua sobre todo en zonas de la cabeza, y si es el caso de taludes escalonados en la bermas debido a que se pueden producir encharcamientos en épocas invernales.

Las principales obras de drenaje son:

Cunetas

Son zanjas de determinada sección construidas a ambos lados de la corona del talud, también se puede definir como conductos abiertos los cuales pueden ser revestidos o no, los cuales sirven para conducir aguas de la plataforma a la caja, dicha cuneta puede ser de secciones triangulares, rectangulares y semicirculares.

Imagen 2.5. Cuneta en la corona de un talud utilizan elementos prefabricados de concreto



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Contracunetas

Son zanjas paralelas al eje de la carretera ubicadas mínimo a 1,50 metros de la parte superior de un talud en corte, siendo comunes la de forma triangular o cuadrada. La ubicación, longitud y dimensión deben ser indicadas por personal con experiencia en vías. Se construye las contracunetas cuando el agua que llega al talud es abundante, para taludes mayores a 4 metros de altura, estas tiene la función de evitar que aguas superficiales se desplacen por el talud de corte, erosionando y recargando la capacidad de carga de la cuneta (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.6. *Contracuneta en base de talud*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Drenaje subterráneo o subdrenaje**

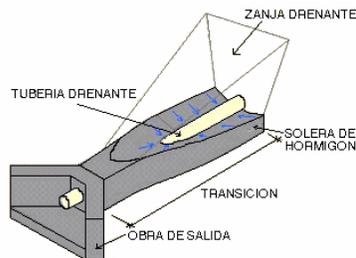
Es empleado para controlar o limitar la humedad de la superficie de un talud su función es interceptar y desviar corrientes subterráneas, descendiende el nivel freático y sanea las capas del talud de material suelto y basura. Un sistema de drenaje consta

de tres elementos: el drenante es el que capta y conduce el agua, el filtrante impide el arrastre de partículas y el colector conduce agua drenada para la descarga (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Drenaje Longitudinal de Zanja

Son zanjas cuya profundidad oscila entre 1 a 1,50 metros las cuales esta rellenas de un material filtrante compactado, provisto de un tubo perforado en su fondo el cual colecta el agua y la conduce al lugar de descarga. Estas zanjas drenante constituyen recinto subterráneo de elevada permeabilidad y porosidad en el caso que este sistema falle se puede producir una saturación produciendo la acumulación de agua (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.7. *Desagüe directo de una zanja drenante*

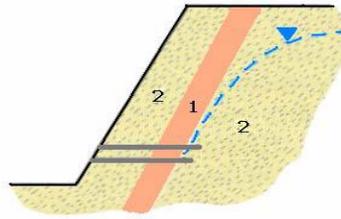


Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Subdrenes Horizontales

Son instalados como métodos preventivos en taludes inestables los cuales son muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas su costo es elevado por la utilización de equipos de perforación estos drenes en realidad son subhorizontales ya que son instalados en taludes de aproximadamente 2 a 5 grados con respecto a la horizontal (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.8. *Esque de colocacion de drenes horizontales*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

c) Protección de la superficie

Las técnicas de revestimiento o protección de talud son empleadas para prevención y protección en los mismos en zonas críticas disminuyendo la infiltración y manteniendo las condiciones estables de humedad son aplicadas a taludes geotécnicamente estables, con esta obras se busca la adecuada evacuación de la aguas de escorrentías, disminuyendo la velocidad de escurrimiento, protegiendo el impacto que ocasiona la lluvia sobre el suelo y permitiendo establecer cobertura vegetal, las obras de control de drenaje superficial, las principales prácticas utilizadas son:

➤ Geotécnicos

Son elementos flexibles y planos que se adhieren a la superficie el terreno evitando el contacto directo del suelo con el viento y agua, en el caso de taludes formados por rocas inestables estos revestimientos fijan la roca suelta evitando su caída.

Biomantas.- Permiten el desarrollo de vegetación y desaparecen una vez que se haya estabilizado el talud, debido a que son revestimientos totalmente biodegradables producidos con fibra de coco u otras fibras naturales, su principal función es servir de protección y abono de las especies vegetales sembradas en los mismos, la biomantas después de pocos meses desaparecerá dejando como protección la cobertura vegetal que se ha desarrollado en la mismas (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.9. *Empleo de biomantas para estabilización de taludes con problemas de erosión*



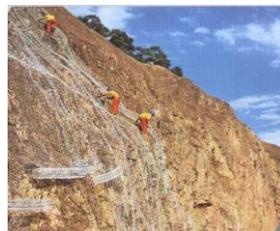
Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Geomantas.-Son empleadas para suelos finos sin cohesión y pendiente suave es producida con fibra de nylon la cual se aplica sobre el talud ya conformado ancladas a este mediante grapas metálicas, su función es el confinamiento de las partículas las cuales son colmatados fácilmente al crecimiento de la vegetación garantizado una buena interacción entre el suelo y material a través del anclaje de las raíces (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

➤ **Redes de alta resistencia**

Son empleadas para la protección ante la caída de piedras en taludes rocosos, se tiene un máximo nivel de seguridad en estas intervenciones, ya que cualquier desprendimiento puede afectar a bienes y personas, se exige materiales de alta resistente pero que a la vez flexibles para poder adherirse a la superficie del talud, deben tener una larga vida útil reduciendo las opresiones de mantenimientos. La red debe de poseer una forma hexagonal la cual debe ser tejida y no soldada el material de construcción de esta red debe ser resistente a la tensión y corrosión (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.10. *Colocacion de red de alta resistencia*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Concreto lanzado**

El objetivo de esta práctica es revestir la superficie del talud con una capa delgada de concreto a presión, la mezcla está compuesta principalmente de cemento y arena, con resistencia a la compresión de hasta 210 kg/m^2 , adhiriéndose a la superficie del talud y protegiendo de la erosión ocasionada por el flujo de agua, esta mezcla tiene igual un revestimiento igual a cero, se aplica por vía seca o húmeda en función de la bomba que se emplee, no se utiliza ningún tipo de anclaje debido a que se debe aplicara a taludes geotécnicamente estables no debe de existir brotes de agua en la superficie del mismos debido a que ocasionaría daños en el recubrimiento el talud, esta capa es empleada para evitar la erosión el cual tiene un espesor de 3 a 5 cm (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.11. *Revestimiento de talud con concreto lanzado*

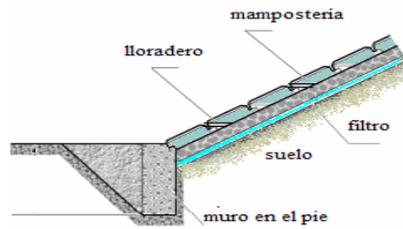


Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Mampostería de piedra pegada**

Es el revestimiento de la superficie del talud mediante la utilización de mampostería de concreto arcillas u otros materiales que sea resistentes a la erosión las cuales deben está unidas con mortero de cemento, no se recomienda este tipo de recubrimiento en taludes con demasiada inclinación ($>45^\circ$) por la dificultad que acarearía realizar los trabajos, se aplica en taludes no rocosos pueden incluso poseer brotes de agua en su superficie la mismas que debe estar liza sin presencia de piedras grandes (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.12. *Recubrimiento de talud con mamposteria*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ Capas Vegetales

Es la siembra de semillas o fragmentos de plantas es comúnmente conocida como grama y contribuyen a evitar el impacto de la lluvia sobre el suelo, disminuyendo el flujo superficial de la escorrentía, evita el arrastre del material, posee una apariencia atractiva a los ojos de las personas, para taludes de gran altura se necesita utilizar drenajes superficiales los cuales se encargara de colectar el agua que corre por la superficie (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.13. *Estabilización utilizando capas vegetales*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ Mulching

Es el revestimiento de taludes empleando residuos inertes de plantas y rastrojos de madera triturada esta capa evita que las gotas de lluvia hagan contacto directamente con material del talud impidiendo que estas partículas se levante por el golpe de las gotas. Se cree que es un método poco confiable por su sencillez sin embargo en países como España es un practica que ayuda a evitar pérdidas de suelo en etapas invernales es también conocido como el método de “almohadillas” (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.14. *Revestimiento de talud utilizando la tecnica Mulching*

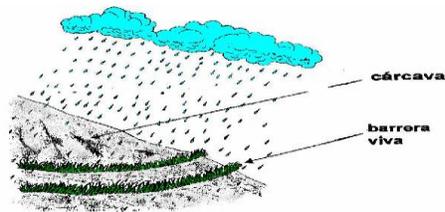


Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Barreras Vivas**

Son prácticas utilizadas para disminuir la velocidad de escorrentías en las laderas, empleadas por los agricultores para la protección de su propiedad, son medidas preventivas de mucha ayuda, estas barreras son hileras simples, dobles o triples de especies vegetales perennes y de crecimiento denso establecidas en distancias cortas en curvas. El objetivo principal es reducir la velocidad de escorrentía superficial reteniendo el suelo que en ella se transporta para esto se debe sembrar las plantas lo más unidas posibles. Esto permitirá la conservación y restauración del suelo disminuyendo los efectos nocivos causados por la escorrentía.

Imagen 2.15. *Esque de una barrera viva*



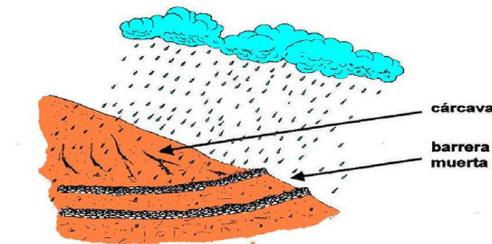
Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Barreras Muertas**

Son barreras de troncos, piedra u otros materiales, efectivos para reducir la erosión ya que frena la fuerza de la escorrentía del agua, entre menos sea la velocidad de escorrentía menos será la cantidad de suelo que será arrastrado, mediante este taponamiento los suelos son detenidos en la parte de arriba por lo que el nivel de

suelo detrás de la barrera va subiendo formando pequeñas terrazas, mientras más cerca estén estas barreras más efectivas, son sencillas y económicas son fácil de construir, tiene una altura mínimo de 30 centímetros (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.16. *Esquema barreras muertas*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

2.2.7. Incremento de fuerzas resistentes

a) Aplicación de fuerza resistente al pie del talud

a.1.) Estructuras de retención

El principal objetivo de estas estructuras es la prevención de deslizamientos por lo que es necesario que la superficie de falla formada o que esta por formarse sea contenida por esta estructura, para poder evitar un colapso ocasionado por la saturación del suelo, se debe de contar con un sistema de drenaje el mismo que permita las salida del agua a través de la estructura. La construcción de estas estructuras es empleada con éxitos al pie del corte lo cual mejora la visibilidad en una carretera, utilizan poco espacio para su construcción por lo que el uso de las mismas es muy común (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

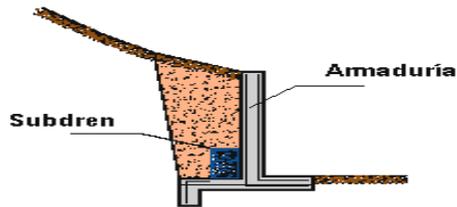
➤ Muros rígidos

Son estructuras rígidas las cuales no permiten deformaciones están contruidos sobre suelos adecuados que puedan transmitir fuerza desde los cimientos hacia la estructura, con esto se genera la fuerza de contención, estas estructuras se clasifican

de acuerdo al material que se emplea para su construcción los cuales son los siguientes:

Muros de concreto armado.- Estos pueden ser empleados en grandes alturas (> 10 metros) previo a su diseño estructural y estabilidad, son construidos mediante métodos convencionales por lo que no se necesita de grandes conocimientos para implementarlos, debe tener un buen piso de cimentación, debido a su poco peso no son adecuados para deslizamientos de grandes cantidades de suelo (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

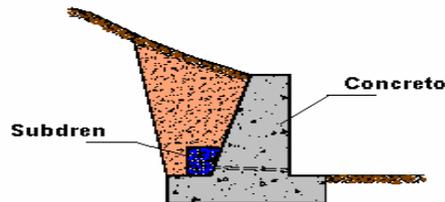
Imagen 2.17. *Esquema muro de concreto armado*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Muro de concreto simple.- Pueden ser construidos en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos, son relativamente fáciles de construir requiere de una buena compactación, no permite deformaciones importantes para esta estructura se requiere grandes cantidades de concreto por lo que son obras antieconómicas para alturas mayores de 3 metros (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

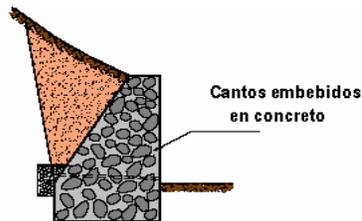
Imagen 2.18. *Esquema muro de concreto simple*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Muros de concreto ciclópeo.- Son parecidos a los de concreto simple a diferencia que estos tienen cantos de roca o bloques los que disminuyen los volúmenes de concreto, soportan esfuerzos grandes de flexión. Estos muros actúan como estructuras de peso por lo que no son empleadas en alturas mayores a 4 metros debido a que no solo se tendrá un incremento en el costo, sino también la presencia de flexión que no podrán ser resistidos por la roca y concreto (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.19. Esquema muro de concreto ciclópeo



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Muros de piedra.- Son empleados para contener cualquier tipo de suelo, es recomendable la aplicación en alturas menores a 4 metros debido a que no resiste grandes esfuerzos de flexión. Este sistema consiste en la colocación de piedras a manera de formar un muro las cuales están unidas por un mortero, las piedras empleadas deben ser de origen basáltico debido a la rugosidad y al peso lo cual resulta de gran importancia ya que este sistema trabaja por gravedad (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

➤ Muros flexibles

Son estructuras flexibles que se adaptan al movimiento, la efectividad depende de su peso y de su capacidad de soportar deformaciones sin que se rompa la estructura los más comunes son los siguientes:

Muro de gaviones.- Es una caja de forma prismática regular fabricada con malla metálica de triple torsión de alambre galvanizado el mismo que tiene la rigidez necesaria para facilitar el relleno e instalación del gavión. Este tipo de estructura

trabaja por gravedad, no necesita de cimentación profunda es muy utilizado debido a que se puede implementar en cualquier tipo de material que conforma un talud o corte (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Por ser de tipo flexible puede soportar algunos movimientos horizontales o verticales lo cual es una ventaja ya que se puede adaptar a los movimientos de la tierra, una característica importante es su permeabilidad ya que no tiene aglutinantes ni cementantes dentro del material del relleno no quedan huecos a través de los cuales el agua puede pasar. Las piedras utilizadas varían de 1,5, hasta 2 veces la dimensión menor de la malla para evitar que estas salgan por la abertura, se emplea cualquier tipo de piedra las cuales deben tener un peso específico, estos muros cuestan mucho menos que las estructuras convencionales (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.20. *Ejemplo muro de gavio colocado al costado de una vía*



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

Muros de llantas.- Se conforma por neumáticos rellenos con suelo y rocas compactadas unidos por sogas de polímero, no existen estudios que confirme la efectividad de esta estructura o que especifique los criterios necesarios para su diseño, son empleados como una alternativa económica y ambiental benéfica por la reutilización de llantas, no es recomendable la implementación sobre suelo demasiado compresibles y con alto contenido de humedad ya que no proporcionan una buena superficie de cimentación.

Imagen 2.21. Ejemplo muro de llantas colocado al costado de una vía

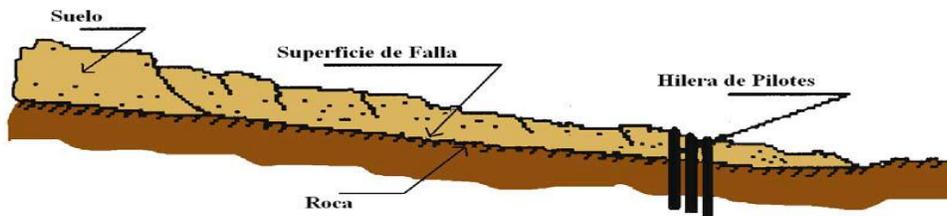


Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

➤ **Pilotes y micropilotes**

Los pilotes comprenden un diámetro de entre 0,65 y 2,0 metros a diferencia de los micropilotes cuyo diámetro es de 0,15 a 0,40 cm, su función es transmitir las fuerzas de las súper estructuras a través del suelo inconsistente hasta soportar la capacidad de carga de la estructura. Es empleada para controlar la falla de deslizamiento, para su anclaje se recomienda que su altura no sea mayor de 5 metros los cuales deben ser colocados en hileras escalonadas en algunas ocasiones se coloca cemento lanzado o cualquier otra estructura que complemente la acción de retención (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

Imagen 2.22. Esquema de colocación de pilotes para estabilización de taludes



Fuente: Alberti, Canales y Sandoval (2006)

a.2.) Incremento de la resistencia interna

➤ **Tierra armada**

Es la combinación de elementos como concreto armado prefabricado o geotextiles, suelos compactados por geomallas, este método está basado en un principio de

fricción el cual se genera entre el suelo y los elementos de refuerzo, ya que las fuerzas de tensión de la masa de suelo se transmite a los refuerzos mediante fricción ocasionada en la interfaz (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

➤ **Inyecciones**

Consiste en introducir un agente cementante u otro tipo de suelo con diferentes características a las del talud con el fin de aumentar su resistencia, disminuyendo su permeabilidad, este método puede ser utilizado cuando se va a implementar una estructura sobre el talud para mejora la resistencia del material. La estabilización puede ser química o mecánica, en la mecánica se mezcla dos tipos de suelo para tener las características que se necesitan en cuanto a plasticidad, permeabilidad y granulometría, mientras que en la química se alcanza mayor grado de estabilidad se emplea activos como: cemento, cal, escorias granuladas, yeso, ceniza volcánica, cloruro sodio y cloruro cálcico (Alberti, Canales y Sandoval, 2006).

2.2.8. Medidas no estructurales

Dentro de las medidas no estructurales se deben incluir políticas ambientales que tomen conciencia en cuanto al desarrollo del conocimiento sobre cuidado del medio ambiente, mecanismo de participación pública e información a la población de los sectores que se encuentran en el área de estudio como son: Las Palmas, Curgua, La Batea, Llacan, El Tejar, Casaguayco de modo que puede reducirse el riesgo a deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo, y lo impactos derivados que este evento adverso produce. Logrando reducir la vulnerabilidad de la población ante la amenaza de deslizamientos, partiendo de la planeación y la gestión.

➤ **Política y planeamiento**

Mediante normativas sobre cuidado al medioambiente que regulen el uso de suelo y el tipo de edificaciones que puedan construirse a lo largo del área de estudio, tomando en cuenta los materiales de construcción en zonas de elevado riesgo a deslizamientos y como consecuencia realizar una planificación que tenga en cuenta

las zonas de riesgo que pueden ser numerosas por los sectores poblados debido a desconocimiento del riesgo que están expuestos.

➤ **Comunicación**

Se debe realizar una comunicación general a los pobladores de cada sector en materia sobre la amenaza ante movimientos en masa en el tramo de la vía para aportar un mejor entendimiento del riesgo existente, además de facilitar conocimientos de los procedimientos de cómo actuar durante un deslizamiento.

➤ **Movilización**

Se clasifican en tres categorías en función al tiempo disponible para la evacuación ante la amenaza de deslizamientos.

- ✓ **Evacuación preventiva:** Con anterioridad al evento de deslizamiento.
- ✓ **Evacuación forzosa:** Durante el desarrollo del deslizamiento.
- ✓ **Huida:** Desplazamiento por efectos de un evento inminente.

➤ **Coordinación y procedimientos de operación**

Lograr una mejora en la comunicación entre diferentes organizaciones y actores que cumplen con un papel importante ante la relevancia de la gestión de riesgo ante deslizamientos en la vía.

- ✓ **Grupo 1:** Comprende con las medidas generales que facilitan la coordinación entre agentes, desarrollando planes de emergencia y estrategias para reducir el riesgo.
- ✓ **Grupo 2:** Estructurar medidas para la coordinación adecuada durante la emergencia. Mejorando la efectividad de otras medidas no estructurales (Lopez, 2014).

➤ **Sistema de evacuación**

Se debe implementar medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en las áreas de mayor riesgo que se encuentran en el área de estudio.

Estableciendo que los deslizamientos pueden ser provocados por la inestabilidad de terrenos en ciertos casos la filtración de agua por las fuertes lluvias que afecta en estos sectores provocan que la tierra pierda estabilidad y se produzca los movimientos en masa.

➤ **Medidas de seguridad**

Antes:

- ✓ Conocer bien el área en donde se encuentran cada uno de los sectores que se encuentran en el área de estudio, para identificar las zonas vulnerables a deslizamientos.
- ✓ Identificar vías de evacuación en caso de darse un evento mayor que no pueda ser controlado.
- ✓ Evitar construir en zonas que se encuentre en fuertes pendientes o tenga antecedentes de deslizamientos pasados.
- ✓ No deje que el agua se filtre en el interino de las montañas, prevenga realizando zanjas, drenajes, alcantarillas o cunetas que permitan el desagüe de la montaña rodenamente.

Durante:

- ✓ No permanezca en el área afectada.
- ✓ Evacue a sitios de seguridad indicados
- ✓ Evite el pánico, mantenga la calma
- ✓ Espere las recomendaciones de un organismo responsable.

Después:

- ✓ Reubicarse si fuera el caso en zonas seguras
- ✓ Obedezca las instrucciones dadas por las autoridades y organismo de socorro.
- ✓ Aplique medidas preventivas para no volver a sufrir las consecuencias.
(Pacob, 2007)

2.2.9. Medidas ambientales

El medio ambiente está conformado por componentes físicos, químicos y biológicos externos que interactúan con los seres humanos, influyendo de tal manera pero no tomamos conciencia en cuidarlo, ya que se trata del espacio en donde se desarrolla la vida y aun así no la cuidamos y respetamos. Las medidas de mitigación ambiental tienen como finalidad disminuir el evento adverso a los que están expuestos tomando en cuenta los siguientes factores:

a) Reforestación

Es la disminución de la vegetación natural que es la causa principal para que se produzca este problema tales como: la tala inmoderada de árboles que utilizan para madera, el cambio de uso de suelos para la agricultura, la ganadería y el establecimiento de espacios urbanos, así como los incendios naturales o provocados, debemos tomar en cuenta que la plantación de árboles es importante para favorecer la presencia de agua y la recarga de mantos acuíferos, además de conservar la biodiversidad y el hábitat (Centro de Investigaciones Tropicales, 2013).

b) Forestación

Hace referencia a la actividad que se encarga de llevar a cabo la gestión de todo tipo de plantaciones que se pueden ejecutar en el área de estudio, trabajando en conjunto con la silvicultura logrando con esto una mejor técnica para el cultivo de bosques y cuidado forestal con el fin de responder las diferentes necesidades que la sociedad está pasando en los últimos tiempos.

c) Prevención de deforestación

El aceleramiento y destrucción de los bosques han colocado en estado de emergencia el medio ambiente en una gran variedad de especies de flora y fauna que dependen de los ecosistemas nativos que encontramos en el área de estudio, la deforestación conlleva una drástica disminución en el suministro de agua que rompe con el equilibrio climático a nivel regional.

Otro factor que afecta es la tala ilegal que es un problema muy grave y evidente en nuestro país, por ende afectando también en mínima proporción a los sectores que se encuentran en el área de estudio ya a que la comercialización de madera está subiendo cada vez el nivel de ventas reflejando una manera más de mejorar la economía de los pobladores.

Medidas preventivas

- ✓ Crear conciencia en las personas sobre la importancia que tiene los árboles y los bosques.
- ✓ Evitar la destrucción de bosques nativos y dejando que se regeneren con sus propias semillas.
- ✓ Apoyar a movimiento ecológicos que buscan la conservación del medio ambiente.
- ✓ Conservar los bosques y mantenerlos limpios y usarlos racionalmente.
- ✓ Proteger los recurso naturales
- ✓ Combatir la tala indiscriminada de bosques que se usan para el comercio informal.
- ✓ Sembrar árboles de rápida reproducción (Yamila, 2012).

d) Prevención de incendios forestales

El incendio forestal cuando el fuego que se propaga sin control alguno específicamente en zonas rurales afectando la vegetación como árboles, matorrales, pastos y cultivos se pierdan. Los bosques son el lugar dónde viven muchas plantas y animales, sobre todo vivimos nosotros nos permiten conectarnos y disfrutar de la naturaleza, nos brindan oxígeno, purifican el agua y enriquecen el suelo.

Pero que sucede cuando queman los árboles, desaparece la biodiversidad de flora y fauna se pierde el suelo por erosión produciendo un daño en la naturaleza y nosotros mismos ya que el suelo del terreno queda sin ninguna protección.

Medidas preventivas

- ✓ No arrojes cerrillos encendidos en la carretera y mucho menos en el bosque o zona que contenga vegetación.
- ✓ No arrojes basura, botellas o vidrios que pueda iniciar el fuego creando una especie de lupa combinado con los rayos del sol.
- ✓ No hagas fogatas en los bosques por más precauciones que tengas.
- ✓ En áreas agrícolas evita utilizar el fuego como herramienta para limpiar el terreno que se va a sembrar (Riesgos, 2015).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS (GLOSARIO)

- **Afloramiento:** Lugar de la superficie terrestre con rocas y estructuras geológicas expuestas (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Aluvión:** Aluvio, sedimentos de origen fluvial depositados en tierras emergidas, constituidos, en su mayor parte, por materiales detríticos, como lo son las arcillas, limos, arenas (Restrepo, 2007).
- **Andesita:** Tipo de roca volcánica con un contenido de sílice (SiO_2) entre el 52% y 63%. Sus minerales esenciales son plagioclasas y piroxenas (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Cohesión:** Acción de reunir o adherir las cosas entre sí, o la materia de que están formadas (Restrepo, 2007).
- **Coluvio:** Material rocoso no consolidado depósito por la acción de la fuerza de gravedad en el periodo geológico muy reciente (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Deformabilidad:** Capacidad de los materiales de agarrarse de sufrir deformaciones sin llegar a romperse y provocar su desprendimiento (Tenders.es, s.f.).
- **Derrubios:** Escombros que se forman cuando se explotan las minas. Cuando un aluvión presenta un mayor grosor y pendiente, de materiales depositados por torrentes de montaña en la boca de un valle (Restrepo, 2007).

- **Diaclasa:** Fractura de rocas o de materiales sin desplazamiento relativo de las partes separadas (Geología de segovia, s.f.).
- **Erosión:** Desprendimiento, arrastre y sedimentación de partículas superficiales de suelo o roca por acción del agua, viento, deshielo y otros agentes geológicos (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Escorrentía:** Flujo superficial de agua que fluye hacia ríos, lagos o mares sin penetrar en el suelo (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Fricción:** Deriva de friccionar, a la que realiza una oposición al desplazamiento de una superficie sobre otra, al comienzo de un movimiento (Gardey, 2009. Actualizado: 2012.).
- **Isótropo:** Se dice de un medio cuyas propiedades no dependen de la dirección en que se evalúan (Geología de segovia, s.f.).
- **Limolitas:** Deposito litificado de partículas con diámetros dentro del rango de 0,063 0,004 mm (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Macizos:** Bloque geológico, formado por materiales antiguos, elevados a cierta altura por movimientos de fractura (Restrepo, 2007).
- **Mitigación:** Conjunto de medidas para reducir el impacto desfavorable de una amenaza natural, tecnológica o medioambiental (Universidad de Costa Rica, 2015).
- **Prevención:** Preparación y disposición cuyo fin es evitar riesgos anticipadamente.
- **Socavación:** Acción de excavar por debajo de un material geológico formándose una cavidad en el terreno, dejándolo expuesto al hundimiento (Restrepo, 2007).
- **Sustrato:** Substrato. Dícese en sentido general de la sustancia sobre la cual la planta vegetal, tanto superficialmente como penetrando en ella, puede ser tierra o cualquier otra sustancia (Restrepo, 2007).
- **Toba:** Roca volcánica ligera y porosa formada a causa de un depósito compactado compuesta del polvo volcánico, ceniza o lapilli (Universidad de Costa Rica, 2015).

2.4. SISTEMAS DE HIPÓTESIS

Las condiciones actuales de las edificaciones e infraestructura vial influyen en el nivel de vulnerabilidad ante la susceptibilidad a movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo.

2.5. SISTEMAS DE VARIABLES

Variable independiente: Condiciones actuales de las edificaciones e infraestructura vial.

Variable dependiente: Nivel de vulnerabilidad.

Variable interviniente: Susceptibilidad a movimientos en masa.

En las tablas 2.6 de la operacionalización de la variable independiente se establecen los valores de indicadores, pesos de ponderación cuyo producto de valores máximos sumados permiten determinar el índice y nivel de vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante movimientos en masa (tabla 2.7); mientras que en la tabla 2.8 se estable los indicadores, pesos de ponderación para la determinación de los niveles de susceptibilidad ante la amenaza de movimientos en masa en la zona de estudio.

Tabla 2.6. Variable Independiente

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala			
				Cualitativa	Cuantitativa		
					Valor indicador	Pesos de ponderación	Valores máximos
Condiciones actuales de las edificaciones e infraestructura vial	Análisis detallado de las características de construcción y de las variables intrínsecas de las estructuras.	Vulnerabilidad de edificaciones	Sistema estructural	Hormigón armado	5	0,8	0,8
				Estructura metálica	5		
				Estructura de madera	10		
				Estructura de caña	10		
				Estructura de pared portante	10		
				Mixta madera Hormigón	10		
				Mixta metálica hormigón	10		
			Tipo de material en paredes	Pared de ladrillo	5	0,8	0,8
				Pared de bloque	5		
				Pared de piedra	10		
	Pared de adobe	10					
	Pared de tapia-bahareque - madera	10					
	Número de pisos	1 piso	10	0,8	0,8		
		2 pisos	5				
		3 pisos	1				
		4 pisos	1				
		5 pisos o mas	1				
	Año de construcción	Antes de 1970	10				
		Entre 1971 y 1980	5				

Las redes viales son infraestructuras esenciales para el desenvolvimiento normal de una población y en caso de desastres son primordiales para garantizar una atención normal de emergencias así como la pronta recuperación y rehabilitación del territorio.			Entre 1981 y 1990	1	0,8	0,8	
			Entre 1991 y 2010	1			
		Estado de conservación		Bueno	1	0,8	0,8
				Aceptable	1		
				Regular	5		
				Malo	10		
		Características de suelo bajo la edificación		Firme, seco	1	2,0	2,0
				Inundable	10		
				Ciénega	10		
				Humeo, blando, relleno	5		
		Topografía de sitio		A nivel, del terreno	1	4,0	4,0
				Bajo el nivel del terreno	10		
	Sobre el nivel calzada			1			
	Escarpe positivo o negativo			10			
	Vulnerabilidad de infraestructura vial	Estado actual		Bueno	1	2,0	2,0
				Regular	5		
				Malo	10		
		Mantenimiento		Planificado	1	4,0	4,0
				Esporádico	5		
				Ninguna	10		
Estándares de diseño y construcción			Aplica normas del MTOP 2002	1	4,0	4,0	
			Versión anterior a 2002	5			
			No aplica normas	10			

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017

En el Anexo 5: Se describe a modo de ejemplo la manera en que se realizó la ponderación de las 290 edificaciones a las que se evaluó la vulnerabilidad ante la susceptibilidad a movimientos en masa, basada en la metodología que se describe en el capítulo II.

Tabla 2.7. Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE				
Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala Rangos de Ponderación
Nivel de vulnerabilidad	Factor interno de riesgo corresponde al grado de exposición a sufrir algún daño por la manifestación de una amenaza específica, ya sea de origen natural o antrópico, debido a su disposición intrínseca de ser dañado. Tienen un carácter multidimensional, el cual se expresa a través de diversas dimensiones: físico, cultural, social, ambiental, económico, político e institucional	Rangos de niveles o vulnerabilidad	Alta vulnerabilidad	67 a 100
			Media vulnerabilidad	34 a 66
			Baja vulnerabilidad	1 a 33

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Tabla 2.8. Variable Interviniente

VARIABLE INTERVINIENTE							
Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa		
					Valor indicador	Peso ponderación	Valor máximo
Susceptibilidad a movimientos en masa	La susceptibilidad puede definirse como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso,	Factores condicionantes: Dados por las características resistentes de las laderas (o vertientes) y por los esfuerzos que se generan en	Pendiente	De 0 % a 25 %	1	2,0	2,0
				>25 % a 40 %	5		
				> 40%	10		
			Litología	Formación Macuchi	1	3,0	3,0
				Volcánicos Guaranda	5		
				Volcánicos Lourdes	5		
				Depósitos Aluviales	10		

<p>expresada en diversos grados cualitativos y relativos.</p> <p>Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos.</p>	<p>ellas. Son prácticamente constantes, tales como tipo de material y estructura, y permiten definir la susceptibilidad del terreno a los deslizamientos</p>	<p>Depósitos coluvio aluviales</p>	10	<p>1,0</p>	<p>1,0</p>				
			<p>Depósitos de ladera (coluvial)</p>			10			
			<p>Depósitos de ladera (derrumbe)</p>			10			
		<p>Geomorfología</p>	<p>Afloramiento rocos</p>			1	<p>3,0</p>	<p>3,0</p>	
						<p>Colinas medias</p>			5
						<p>Zonas deprimidas</p>			5
						<p>Valles encañonados</p>			10
						<p>Relieves montañosos</p>			10
		<p>Uso de suelo y cobertura vegetal</p>	<p>Centros poblados</p>			1	<p>0,5</p>	<p>0,5</p>	
	<p>Bosque nativo</p>		1						
	<p>Matorrales</p>		1						
	<p>Bosque plantados con cultivos de maíz</p>		5						
	<p>Cultivos de ciclo corto</p>		10						
	<p>Suelo desnudo</p>		10						
	<p>Factores detonantes: Producen variaciones en las características de las vertientes, así como en los esfuerzos en ellas se generan, rompiendo el equilibrio estático existente entre ellas.</p>	<p>Precipitaciones</p>	<p><200mm</p>	<p>0,5</p>	<p>0,5</p>				
			<p>201-300mm</p>			5			
			<p>>301mm</p>			10			
	<p>Sismicidad</p>	<p>I-V (Escala MSK)</p>	1	<p>0,5</p>	<p>0,5</p>				
			<p>VI-VII (Escala MSK)</p>			5			
<p>>VIII (Escala MSK)</p>			10						

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizado para el desarrollo del presente trabajo es **no experimental**, debido que no se va a manipular variables, ya que se describirá en su entorno natural, los niveles de vulnerabilidad que se evidencian en las edificaciones y sobre la infraestructura vial, así como los factores que influyen en la susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio.

3.1.2. Método de investigación

Para la elaboración del presente proyecto de investigaciones se empleó el método descriptivo y analítico, ya que se describe y analiza como las condiciones y factores físicos influyen en la vulnerabilidad ante la susceptibilidad de movimientos en masa.

3.1.3. Periodo de tiempo

En el presente proyecto el período de tiempo es transversal o de corte, porque el estudio se realizó durante el año 2017.

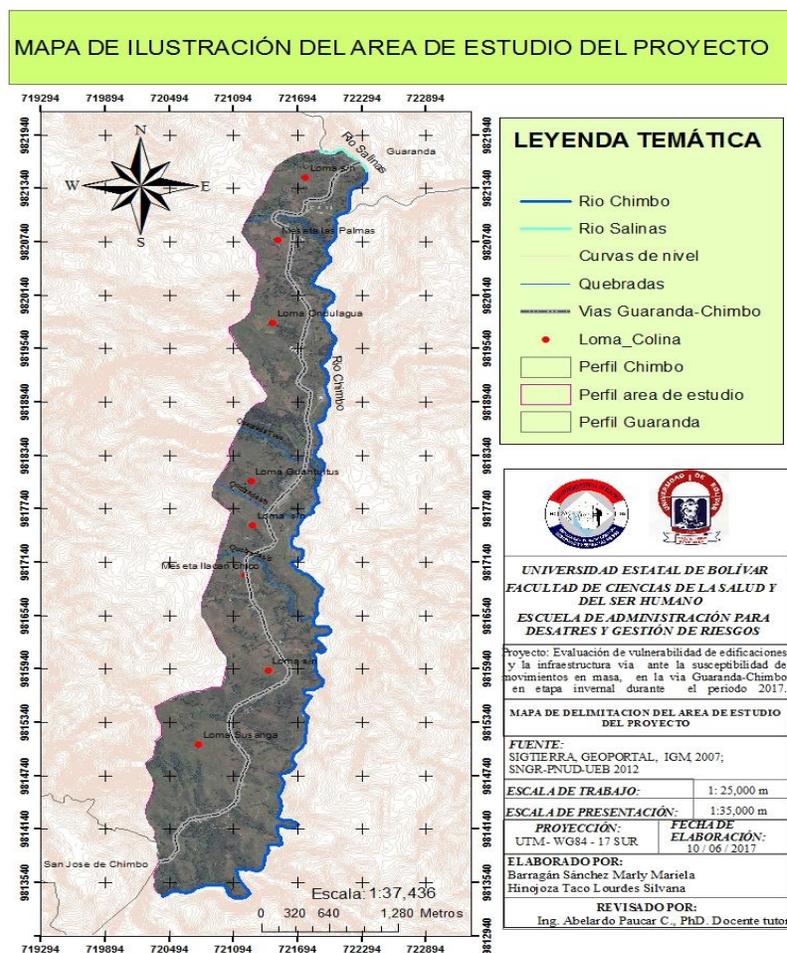
3 2. DISEÑO

Por ser la investigación de tipo **no experimental** para el presente proyecto de investigación se empleó un diseño **transeccional o transversal** de tipo **descriptivo** el cual tiene por objetivo indagar las incidencias y los valores en que se manifiesta las variables de estudio dentro de un enfoque cuantitativo además de categorizar y proporcionar una visión de una comunidad, fenómeno o situación, este procedimiento consiste en medir y ubicar a un grupo de personas o fenómenos, en una variable y así poder proporcionar su descripción.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se seleccionó como universo de estudio el tramo de la vía estatal E-491, con una área que comprende 568,7 hectáreas y 9,8 km de vía, el área de estudio del presente proyecto de investigación está delimitado por: el norte con el límite urbano de la ciudad de Guaranda; por el sur el límite urbano de la ciudad de Chimbo; por el este las riberas el río Chimbo; y por el occidente se consideró como límite del área de estudio las líneas de cumbres de la cordillera de Chimbo (ver figura 3.1), dentro del área de estudio se identificaron 290 edificaciones, aproximadamente 239 familias a quienes se aplicó una encuesta y la población aproximada es de 1044 personas.

Figura 3.1. Mapa delimitación área de estudio del proyecto



Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizará las siguientes fuentes y técnicas de recolección de información:

Revisión y sistematización de información secundaria, se revisó documentos tales como: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial – PDOT de los GAD’s de los cantones de Guaranda y San José de Chimbo, Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP y Secretaria de Gestión de Riesgos de Bolívar-SGR; así como estudios, base de datos, documentos bibliográficos e informes técnicos de instituciones locales y nacionales relacionados a tema de investigación.

En las fuentes de información primaria, se emplearon las siguientes técnicas:

- **Entrevistas a actores claves:** Se realizó entrevistas a directivos, operativos y personal técnico del GAD cantonal de San José Chimbo, GAD cantonal de Guaranda, Secretaria de Gestión de Riesgos de Bolívar-SGR y la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, para la aplicación de instrumentos y recolección de información relacionado con los indicadores de vulnerabilidad de la infraestructura vial del tramo Guaranda-Chimbo.
- **Encuestas a moradores del área de influencia del proyecto:** Mediante esta herramienta de levantamiento de información se recolecto datos relacionados al nivel de vulnerabilidad de las edificaciones asentadas en el área de estudio y un diagnostico socio territorial. Se aplicó la encuesta a 239 jefes de familia.

En el Anexo 1: Se incluye el formato de encuesta aplicada a un total de 239 jefes de familia, y la ficha de campo para la evaluación de 290 edificaciones ubicadas en la zona de influencia del presente trabajo de investigación

- **Observación de campo:** Escases información referente al tema de investigación se procedió a realizar el trabajo de campo para la evaluación de los niveles de vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial y levantamiento de información referente a los factores que influyen en la susceptibilidad a movimiento en masa de área de influencia del proyecto, identificación y ubicación de deslizamientos antiguos y recientes suscitados en el sector. Se realiza la observación de campo a 290 edificaciones ubicadas en el área de estudio.
- Para la elaboración del mapa susceptibilidad y amenaza de deslizamiento se basó en información de mapa de pendientes, geomorfológica, geología, y uso de suelos los cuales son de SIGTIERRA (MAGAP, 2016) a una escala nacional de 1:25.000.

En el Anexo 2: Se incluye las fichas de evaluación de vulnerabilidad de infraestructura vial; Anexo 3, la ficha de verificación de movimientos en masa suscitados en la zona. En el Anexo 5, se presenta registro fotográfico sobre el trabajo de campo desarrollado en la vía Guaranda-Chimbo.

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS (ESTADÍSTICO UTILIZADO), PARA CADA UNO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El procesamiento de información contenida en el proyecto de investigación, se desarrolló mediante procesos informáticos como es Microsoft Word para la redacción de informes, Microsoft Excel para la tabulación de datos obtenidos en el área de estudio, elaboración de cuadros y gráficos estadísticos, así como el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) para la representación de cartografías base y temática. La presentación de los resultados obtenidos de la elaboración del proyecto se lo realizo mediante tablas y gráficos estadísticos, mapas temáticos a una escala 1:25.000 utilizando programas, SIG para la representación de mapas temáticos de susceptibilidad de movimientos en masa y vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial del área del estudio.

CAPITULO 4: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO 1: DIAGNOSTICO SOCIO-TERRITORIAL

4.1.1. Vulnerabilidad social

A continuación se presenta los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los jefes de familia de los sectores identificados en la vía Guaranda-Chimbo, los cuales son: Las Palmas, Curgua, La Batea, Llacan, El Tejar, Casaguayco, siendo los jefes de familia de cada edificación las personas que facilitaron la información referente a vulnerabilidad social y económica, así como vulnerabilidad físico-estructural en el área de estudio.

Tabla 4.1. Grupo étnico en la zona de estudio

SECTORES	GRUPO ÉTNICO								TOTAL	
	Mestizo		Indígena		Afro-ecuatoriano		Blanco		N°	%
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%		
Las Palmas	61	88,41	8	11,59	0	0	0	0,00	69	100
Curgua	17	89,47	2	10,53	0	0	0	0,00	19	100
La Batea	18	94,74	1	5,26	0	0	0	0,00	19	100
Llacan	45	90,00	5	10,00	0	0	0	0,00	50	100
El Tejar	35	89,74	3	7,69	0	0	1	2,56	39	100
Casaguayco	42	97,67	1	2,33	0	0	0	0,00	43	100
Total	218	91,21	20	8,37	0	0	1	0,42	239	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.1. Grupo étnico en la zona de estudio



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De los resultados de las encuestas aplicadas indican que la mayoría (91%) de la población se auto-identifica como mestizo con un mínimo (8%) porcentaje indígenas, del total de encuestas aplicadas no se identificaron personas que se auto identifiquen como afro-ecuatorianos y blancos.

Tabla 4.2. Género

SECTORES	GÉNERO		TOTAL
	Hombre	Mujer	
Las Palmas	23	46	69
Curgua	10	9	19
La Batea	9	10	19
Llacan	21	29	50
El Tejar	20	19	39
Casaguayco	21	22	43
TOTAL	104	135	239
%	44	56	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.2. Género



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Se puede apreciar en el presente gráfico que el mayor porcentaje (56%) de las personas encuestadas en el área de influencia del proyecto son mujeres por lo que el porcentaje restante (44%) del total corresponde a hombres.

Tabla 4.3. Edades de personas entrevistadas

SECTORES	EDAD			Total
	< 17 Años	Entre 18-65 Años	>66 Años	
Las Palmas	1	64	4	69
Curgua	0	19	0	19
La Batea	1	16	2	19
Llacan	2	48	0	50
El Tejar	1	33	5	39
Casaguayco	2	41	0	43
Total	7	221	11	239
%	3	92	5	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.3. Edades de personas entrevistadas



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

En el presente cuadro se puede apreciar los resultados obtenidos en relación a las edades de las personas encuestadas en donde se puede indicar que la mayoría de las personas se encuentra entre un rango de edad de 18 a 65 años (92%), con un mínimo porcentaje (3%) se observa que son personas menores de 17 y con (5%) mayores de 66 años.

Tabla 4.4. ¿Conoce si alguna vez ha ocurrido un evento adverso (desastre) en el sector?

SECTORES	SI	NO	NR/NS	TOTAL
Las Palmas	36	32	1	69
Curgua	12	7	0	19
La Batea	8	10	1	19
Llacan	25	8	17	50
El Tejar	21	7	11	39
Casaguayco	28	5	10	43
Total	130	69	40	239
%	54	29	17	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.4. ¿Conoce si alguna vez ha ocurrido un evento adverso (desastre) en el sector?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De la encuesta aplicada se puede apreciar que la mayor parte (54%) de la población si tiene conocimientos de eventos adversos suscitados en el sector en que residen, seguidamente a este resultado se aprecia un porcentaje (29%) de moradores que no tiene conocimiento sobre eventos que hayan ocurrido en el sector.

Tabla 4.5. ¿Qué tipo de evento considera usted que está expuesto el sector?

SECTORES	Sismo	Deslizamientos	Hundimientos	Inundaciones	Caída de ceniza volcánica	Incendios	Otros	TOTAL
Las Palmas	11	55	0	0	2	0	1	69
Curgua	0	19	0	0	0	0	0	19
La Batea	0	17	0	0	2	0	0	19
Llacan	11	31	0	0	3	1	4	50
El Tejar	2	33	0	0	3	0	1	39
Casaguayco	3	33	0	1	3	0	3	43
Total	27	188	0	1	13	1	9	239
%	11	79	0	0	5	0	4	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.5. ¿Qué tipo de evento considera Usted que está expuesto el sector?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Los resultados de la encuesta indican que la mayoría (79%) de los pobladores consideran que la principal amenazas a la que están expuestos son los deslizamientos como elemento expuesto, que frecuentemente afecta a la vía Guaranda-Chimbo, principalmente en períodos lluviosos; esto ocasiona afectación al comercio como a la movilidad. Seguido de otros eventos adversos con menor frecuencia como sismos, caída de ceniza y otros eventos como accidentes de tránsito.

Tabla 4.6. ¿Durante el tiempo que habita en el sector, ha sido afectado por deslizamientos?

SECTORES	SI	NO	NR/NS	TOTAL
Las Palmas	35	26	8	69
Curgua	12	6	1	19
La Batea	7	10	2	19
Llacan	9	18	23	50
El Tejar	32	4	3	39
Casaguayco	16	19	8	43
TOTAL	111	83	45	239
%	46	35	19	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.6. ¿Durante el tiempo que habita en el sector, ha sido afectado por deslizamientos?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

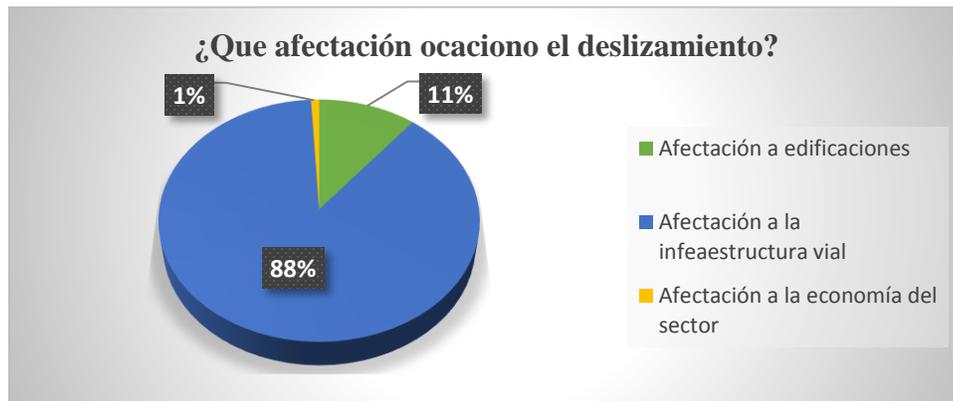
Se obtuvo como resultados de la encuesta realizada a la población en el área de influencia del proyecto, que la mayoría (46%) se ha visto afectada por deslizamientos en etapa de lluvias seguidamente de un porcentaje (35%) de moradores que afirman no haber sido afectados por este tipo de evento, con un mínimo porcentaje (19%) se indica a personas que no saben o no responden.

Tabla 4.7. ¿Qué afectación ocasiono el deslizamiento?

SECTORES	Afectación a edificaciones	Afectación a la infraestructura vial	Afectación a la economía del sector	TOTAL
Las Palmas	8	27	0	35
Curgua	0	12	0	12
La Batea	0	7	0	7
Llacan	0	9	0	9
El Tejar	3	29	0	32
Casaguayco	1	14	1	16
TOTAL	12	98	1	111
%	11	88	1	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.7. ¿Qué afectación ocasiono el deslizamiento?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De la encuesta aplica se apreciar que las mayorías (88%) de las personas afirmaron ser afectadas por deslizamientos hacia la infraestructura vial ya que en época invernal se suscitan deslizamientos ocasionando un cierre parcial de la vía, afectando movilidad y el comercio en la zona, con un porcentaje mínimo (11%) se puede observar que la población ha tenido afectación sobre edificaciones estas son colapsos de paredes o estructura; un ejemplo de esto es el colapso de la estructura de un galpón de pollos en el sector de Curgua en el año 2017.

Tabla 4.8. ¿Conoce usted cuál de las siguientes formas de organización existe en su sector?

SECTORES	Comité Barrial			Comité de Gestión de Riesgos			Otros
	SI	NO	Total	SI	NO	Total	
Las Palmas	19	50	69	5	64	69	0
Curgua	0	19	19	0	19	19	0
La Batea	1	18	19	0	19	19	0
Llacan	3	47	50	0	50	50	0
El Tejar	12	26	38	0	38	38	0
Casaguayco	10	34	44	0	44	44	0
TOTAL	44	194	239	5	233	239	0
%	18	81	100	2	97	100	0

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.8. ¿Conoce usted cuál de las siguientes formas de organización existe en su sector?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

En el cuadro y gráfico se observó que la mayoría (81%) de la población menciona que el sector no dispone de un comité barrial, mientras que el (18%) restante afirma que si existe un comité barrial en la zona. En relación a la disponibilidad de un comité de gestión de riesgos, el mayor porcentaje (97%) no dispone de dicho comité, mientras que el porcentaje restante afirma que si hay un comité en la zona.

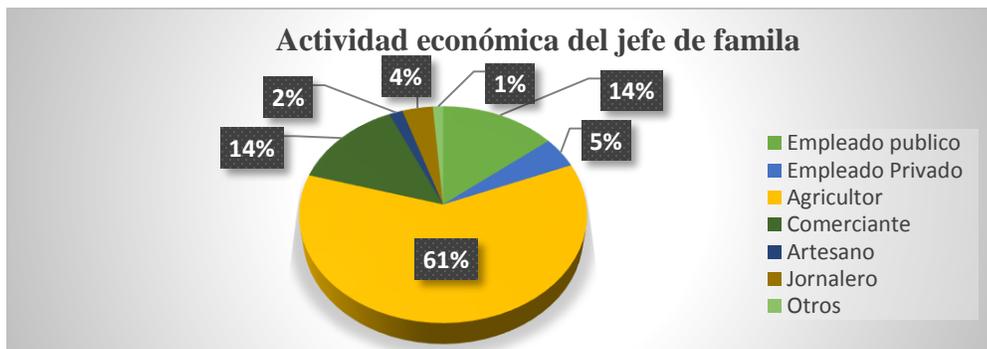
VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Tabla 4.9. ¿Tipo de actividad económica del jefe de familia?

SECTORES	Empleado público	Empleado Privado	Agricultor	Comerciante	Artesano	Jornalero	Otros	TOTAL
Las Palmas	13	2	36	11	2	2	3	69
Curgua	3	1	11	1	0	3	0	19
La Batea	2	1	11	3	1	1	0	19
Llacan	6	4	34	5	0	1	0	50
El Tejar	6	1	19	11	0	2	0	39
Casaguayco	4	2	34	2	1	0	0	43
Total	34	11	145	33	4	9	3	239
%	14	5	61	14	2	4	1	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.9. ¿Tipo de actividad económica del jefe de familia?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

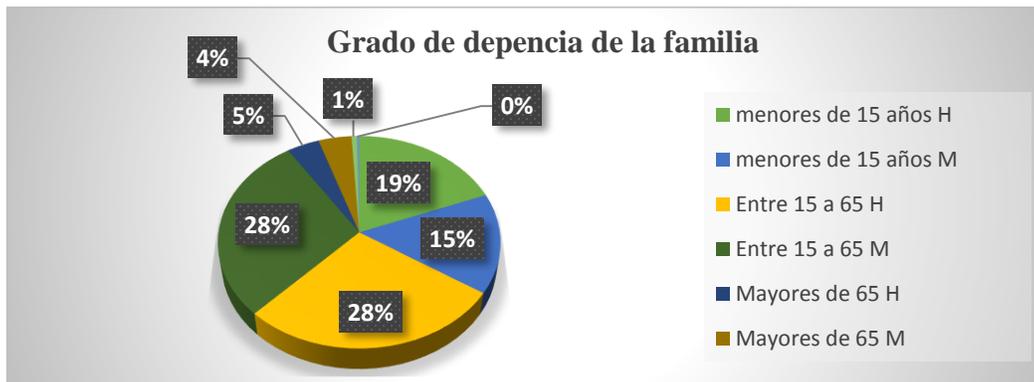
Los resultados de la encuesta aplicada indican que el sistema económico de los jefes de familia de los sectores: Las Palmas, Curgua, La Batea, El Tejar, Casaguayco y Llacan, con un (61%) se dedican a la práctica agrícola como son los cultivos de maíz y trigo, los cuales son predominantes en el uso de suelos de la zona; se puede apreciar a jefes de familia con un (14%) se dedican al comercio informal, empleados públicos e instituciones en los cantones de Guaranda y Chimbo, con un mínimo porcentaje existen empleados privados, jornaleros o artesanos. La ganadería es considerada también unas de las fuentes de ingreso, los animales predominantes en la zona son: el ganado ovino, porcino, caballo y vacuno los cuales son usados para el consumo de pastos o cultivos que se encuentra en el área de estudio, son utilizados también para el comercio de carnes y lácteos.

Tabla 4.10. ¿Nivel de dependencia de los integrantes de la familia?

SECTORES	menores de 15 años		Entre 15 a 65 años		Mayores de 65 años		Personas con discapacidad		TOTAL
	H	M	H	M	H	M	H	M	
Las Palmas	50	44	66	77	10	9	3	1	260
Curgua	9	7	22	28	3	3	1	0	73
La Batea	19	10	33	17	3	3	0	0	85
Llacan	36	35	64	66	9	10	0	0	220
El Tejar	41	27	48	47	17	15	1	1	197
Casaguayco	42	34	56	61	10	3	2	1	209
TOTAL	197	157	289	296	52	43	7	3	1044
%	19	15	28	28	5	4	1	0	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.10. ¿Nivel de dependencia de los integrantes de la familia?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

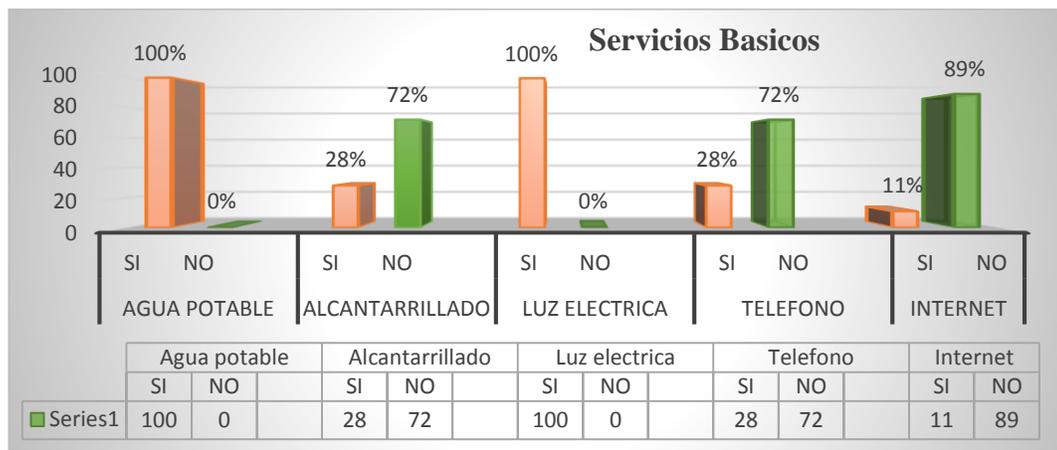
En el presente gráfico se puede apreciar que la mayoría (28% hombres, 28% mujeres) de la población ubicada en el área de estudio son moradores que se encuentra entre un rango de edad de 15 y 65 años, dentro de este resultado también muestra que existen menor de 15 años (19% hombres, 15% mujeres), con un mínimo porcentaje se identificó en la zona a personas mayores de 65 años y personas con discapacidad auditiva y visual.

Tabla 4.11. ¿Disponibilidad de servicios básicos?

SECTORES	Agua potable		Total	Alcantarillado		Total	Luz eléctrica		Total	Teléfono		Total	Internet		Total
	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	
Las Palmas	69	0	69	21	48	69	69	0	69	17	52	69	6	63	69
Curgua	19	0	19	2	17	19	19	0	19	2	16	18	2	17	19
La Batea	19	0	19	0	19	19	19	0	19	8	11	19	2	17	19
Llacan	50	0	50	0	50	50	49	1	50	19	31	50	8	42	50
El Tejar	39	0	39	26	13	39	39	0	39	15	24	39	6	33	39
Casaguayco	43	0	43	18	25	43	43	0	43	6	38	44	2	41	43
Total	239	0	239	67	172	239	238	1	239	67	172	239	26	213	239
%	100	0	100	28	72	100	100	0	100	28	72	100	11	89	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.11. ¿Disponibilidad de servicios básicos?



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

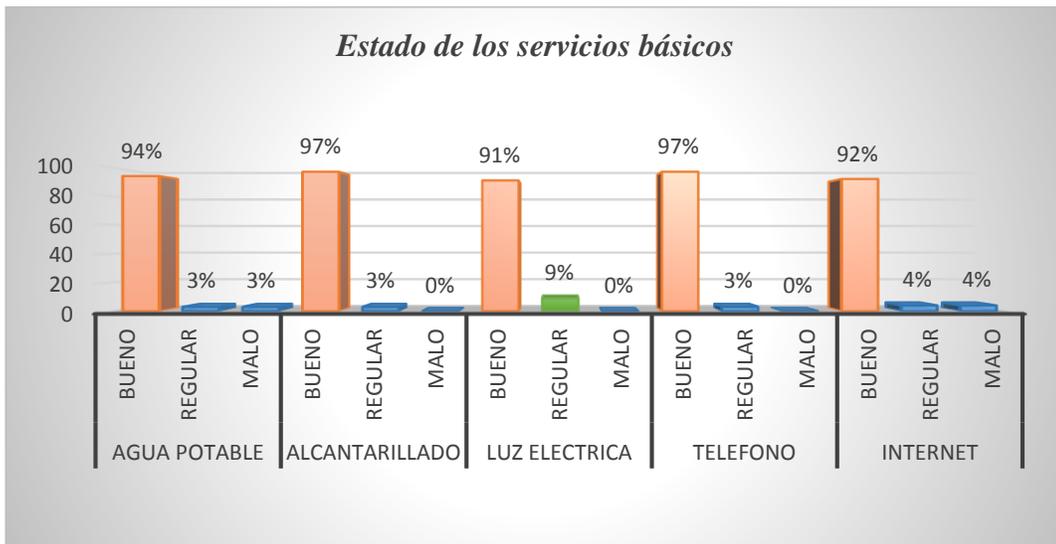
Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a la población que se encuentra ubicada en el área de influencia del proyecto indica que la totalidad de sector dispone de servicios básicos como luz eléctrica y agua entubada, se puede apreciar que la mayoría (72%) del sector no dispone de alcantarillado, cada vivienda de estas zonas tienen conexiones a un pozo ciego, pozos sépticos. Pero un porcentaje mínimo de (28%) si dispone de este servicio los cuales son: sector Las Palmas y Casaguayco, en relación a la disponibilidad de teléfono la mayoría manifiesta que no dispone de este servicio, seguida de un porcentaje que afirma que si cuenta con este servicio, la mayor parte de la población no dispone del servicio de internet, pero con un mínimo porcentaje sí disponen del servicio.

Tabla 4.12. Estado de los servicios básicos

SECTORES	Agua potable				Alcantarillado				Luz eléctrica				Teléfono				Internet			
	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total	Bueno	Regular	Malo	Total
Las Palmas	68	1	0	69	20	1	0	21	56	13	0	69	17	0	0	17	6	0	0	6
Curgua	19	0	0	19	2	0	0	2	19	0	0	19	2	0	0	2	2	0	0	2
La Batea	19	0	0	19	0	0	0	0	16	3	0	19	8	0	0	8	2	0	0	2
Llacan	40	3	7	50	0	0	0	0	49	1	0	50	19	0	0	19	8	0	0	8
El Tejar	36	3	0	39	25	1	0	26	36	3	0	39	15	0	0	15	5	0	1	6
Casaguayco	43	0	0	43	18	0	0	18	41	2	0	43	4	2	0	6	1	1	0	2
Total	225	7	7	239	65	2	0	67	217	22	0	239	65	2	0	67	24	1	1	26
%	94	3	3	100	97	3	0	100	91	9	0	100	97	3	0	100	92	4	4	100

Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Gráfico 4.12. Estado de los servicios básicos



Fuente: Encuestas realizadas a los jefes de familia del sector, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Se puede apreciar que en el siguiente gráfico el estado de los servicios básicos que dispone el sector con un porcentaje mayor se evidencia que el estado de la cálida de agua (94%), alcantarillado (97%), luz eléctrica (91%), teléfono (97%) e internet (92%) es bueno, para las personas que disponen de estos servicios, con un mínimo porcentaje se indica que el estado de estos servicios es regular o malo.

4.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO 2: SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VÍA GUARANDA – CHIMBO

4.2.1 Registro histórico de deslizamientos en el área de estudio

Según los datos recopilados por la Secretaria de Gestión de Riesgo desde los años 2011 a 2017 se identifican las áreas en donde se suscitan con mayor frecuencia los deslizamientos siendo estos con mayor recurrencia en etapa invernal, no se reportaron personas heridas ni viviendas afectadas; la mayoría de estos eventos ocasionaron un cierre parcial de la vía, para que el personal de la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP-Bolívar puedan realizar la limpieza respectiva ocasionando alteraciones en el flujo vehicular debido a que no hay vías alternas. En la tabla 4.13 se puede apreciar las zonas y la afectación ocasionada por los deslizamientos y en el Anexo 6 se presentan el registro fotográfico de estos eventos a lo largo del área de influencia de presente proyecto.

Tabla 4.13. Antecedentes de deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo

Cantón	Comunidad/Barrio /Sector	Coordenadas		Fecha Del Evento	Hora Evento	Causa	Consecuencias
		X	Y				
Chimbo	Vía Chimbo-Guaranda	---	---	19/04/2011	8:00	Deslizamiento	Aproximadamente a las 08:00 am del 19 de abril, en la vía Chimbo-Guaranda, sector El Tejar (a pocos metros del Night Club Las Lomas), se produjo un deslizamiento aproximadamente de 7m de afectación y 3 toneladas de escombros, se presume producto de las continuas lluvias de la noche y madrugada, mismo que afectó el paso vehicular, que en esos instantes es de gran afluencia; se contactó con autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chimbo.
Chimbo	Al entrar al cantón en la Y- Guaranda-Chimbo	---	---	26/04/2011	7:20	Deslizamiento	Presencia de lluvias, a consecuencia de esto se produce un derrumbe antes de entrar al Cantón en la Y, vía Guaranda-Chimbo, vehículos pesados pasan con normalidad, vehículos pequeños tienen dificultad, no hay otra vía alternativa, tienen que esperar que limpien la vía.
Chimbo	El tejar			26/04/2011	15:00	Deslizamiento	En la vía Chimbo-Guaranda en el sector el Sigsipungo se produjo un deslizamiento obstaculizando el tráfico se tuvo que cerrar la vía para que se pueda

							precautelar la integridad de los conductores.
Chimbo	Gasolinera Laurita (vía Guaranda – Chimbo)	721741	9819768	24/07/2013	20:30	Deslizamiento	Informan de un deslizamiento ocasionado por filtración de agua en el talud, mismo que afecto 20 metros aproximadamente, obstaculizando media vía. Personal del MTOP acudieron al lugar a realizar la respectiva limpieza y remoción de escombros; sin embargo, en el transcurso de la madrugada material como rocas y lodo continúan descendiendo dificultado así las tareas respectivas. No se reportaron personas heridas o fallecidas.
Chimbo	vía Chimbo - Guaranda a 500m pasando la gasolinera del Sindicato de Choferes	721120	9814468	22/11/2013	12h38	Deslizamiento	Informan de un deslizamiento de un talud en el trayecto de la vía que conduce Chimbo a Guaranda, se observó una masa de tierra que afecto aproximadamente 2 m ³ , no se reportan personas heridas, ni viviendas afectadas.
Chimbo	Las lomas vía Chimbo – Guaranda	721106	9814469	12/05/2014		Deslizamiento	Informe que por las fuertes lluvias presentadas en los últimos días se produjo un deslizamiento el cual afecto 20 metros de la vía dejando obstaculizado medio carril no se reportó personas ni bienes afectados

Chimbo	km1 Vía Chimbo a Guaranda	720547	981398	24/03/2017	22:38	Deslizamiento	ECU 911 Los Ríos, informa que por las precipitaciones registradas en las últimas horas, se produjo un deslizamiento, el cual está obstaculizando un carril de la vía. Radio Operador de la SGR-B, realiza la gestión con el MTOP para la limpieza respectiva, no se reporta personas heridas, fallecidas ni viviendas afectadas.
Chimbo	Vía Chimbo a Guaranda (Las Lomas) E-491	720561	9813963	10/04/2017	5:30	Deslizamiento	Sala Operativa Bolívar ECU 911, informa que por las constantes lluvias registradas en las últimas horas, se produjo un deslizamiento que obstaculizo la vía en su totalidad para el tránsito vehicular, se desconoce la afectación. Radio Operador de la SGR, gestiona con MTOP para la respectiva limpieza. No se reporta personas heridas, fallecidas ni viviendas afectadas.
Chimbo	Vía Chimbo-Guaranda	721173	9814894	12/04/2017	3:40	Deslizamiento	Sala Operativa Bolívar ECU 9-1-1 informa que por las constantes lluvias registradas en el sector, se produjo un deslizamiento, el cual obstaculiza en su totalidad al tránsito vehicular. Radio Operador de la SGR-B gestionó con el GAD Chimbo, para que maquinaria realice la limpieza correspondiente. Se desconoce la afectación. No se reporta personas heridas ni fallecidas.

Chimbo	Vía Chimbo a Guaranda (El Guabo) E-491	720261	9813789	24/04/2017	16:50	Jefa de UMEVA-BOL, informa mediante línea telefónica que por las constantes lluvias registradas en las últimas horas, se produjo un deslizamiento que obstaculizo el paso vehicular en horas de la tarde. Técnico de la UGR del GAD-Chimbo, señala que maquinaria del GAD-Chimbo realizo la limpieza de la calzada, dejando habilitada para el tránsito vehicular. La afectación es de 45 metros lineales. No se reportó personas heridas, fallecidas ni viviendas afectadas.
Vía Chimbo - Guaranda	Vía Chimbo a Guaranda (Las Lomas) E-491	720561	9813963	18/05/2017	17:00	Luego de las fuertes lluvia presentadas en la tarde en el Cantón San José de chimbo se suscitó un deslizamiento de tierra de aproximadamente 300 metros cúbicos en el km 10.5 vía Chimbo Guaranda, se coordinó con MTOP quien brindo asistencia con dos volquetas, prefectura de bolívar colaboro con 4 volquetas y una pala mecánica. Posterior a ellos personal de cuerpo de bomberos de Chimbo y Guaranda realizaron el lavado de la vía para evitar accidentes de igual forma contingente policial de circuito de chimbo brindo seguridad al tránsito vehicular.

Fuente: Sala monitoreo Secretaria de Gestión de Riesgos, *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza (2017)

4.2.2. Factores condicionantes

a) Geológico-Litológico

La geología – Litología identificada en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo se realizó mediante el mapa Geológico a escala nacional realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-MAGAP, a través del proyecto de cartografía temática a escala 1:25.000.

En la tabla 4.14 se muestra que la mayor parte de la Litología de área de estudio corresponde a tobas andesitas de grano fino, provenientes de la formación de volcánicos Guaranda, la tobas corresponden a un tipo de cangaguas originadas de formaciones volcánicas las cuales no son resistentes a la meteorización por agua o viento ya que pueden perder su cimentación y deshacerse con facilidad, lo cual incide en la susceptibilidad de generación de movimientos en masa (Aguiar, 2013). Al cual se le asignó un valor medio (5) de indicador.



Foto 4.1 Tobas localizadas en el sector Las Palmas, Parroquia Santa Fe. **Fuente:** Barragán e Hinojoza, 2017.



Foto 4.2 Tobas localizadas en el sector de Llanca. **Fuente:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Seguida de formación de volcánicos Lourdes, compuesta por brechas volcánicas tobas y flujos de lava el valor de indicador asignado es medio, depósitos de ladera (coluviales) mezcla heterogenia de materiales finos y fragmentos angulares de roca valor asignado de indicador es alto.

Con un mínimo porcentaje se puede apreciar depósitos aluviales, depósitos coluviales y depósitos de ladera (derrumbes) compuesta por arenas, limos, arcillas y la mezclas heterogenia de materiales finos el valor para estos indicadores es alto, se puede apreciar en un porcentaje mínimo arenas volcánicas de grano grueso brechas tobas y limolitas volcánicas las cuales son provenientes de la formación Macuchi con un valor de indicador bajo. En la tabla 4.13 se exhibe las superficies del área en metros una breve descripción y los valores de los indicadores y en la figura 4.1 se presenta el mapa de geología-litología antes descrita.

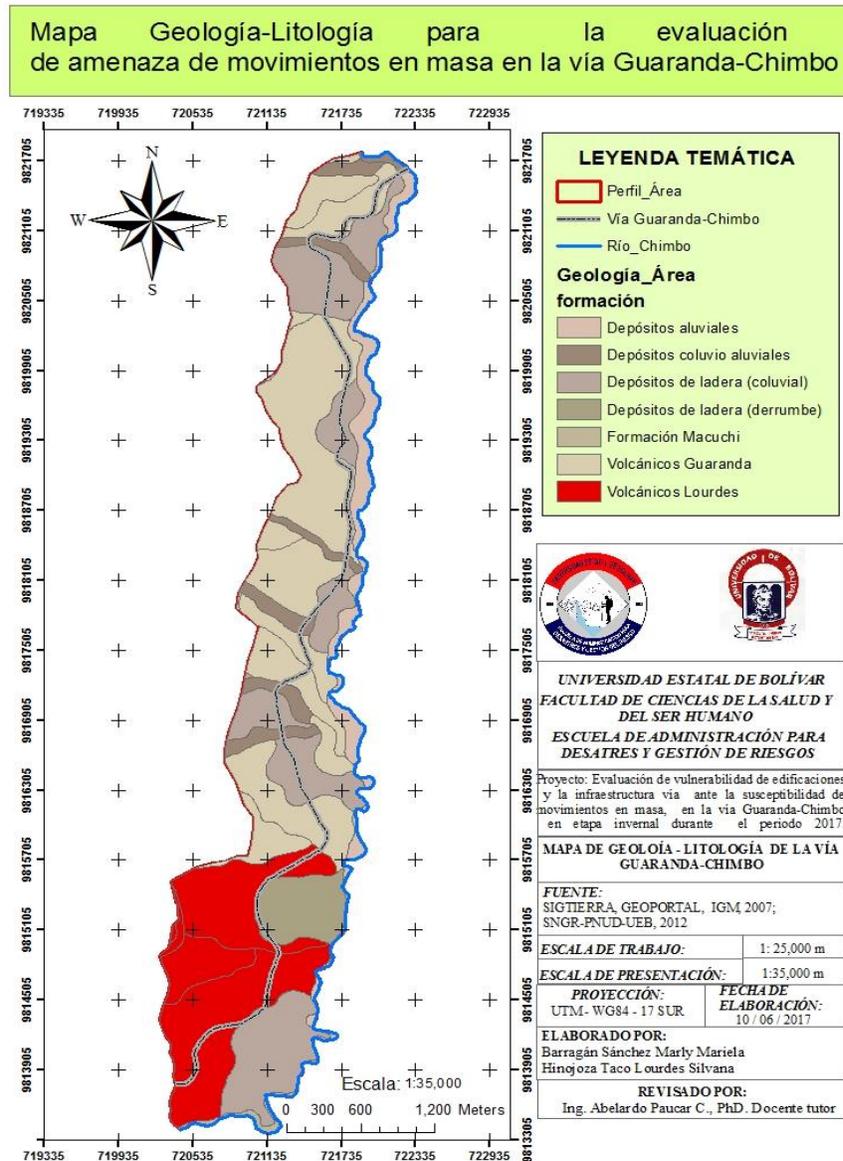
Tabla 4.14. Resultados del factor geológico-litológico en la vía Guaranda-Chimbo

Factor	Formación	Composición Litológica	Área en m	%
Geológico – Litológico	Depósitos aluviales	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	532365,69	6,96
	Depósitos coluvio-aluviales	Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	447248,53	5,84
	Depósitos de ladera (coluviales)	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos	1747452,7	22,84
	Formación Macuchi	Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas	46600,63	0,61
	Volcánicos Guaranda	Tobas andesíticas de grano fino, de color pardo a amarillo	2779092	36,32
	Volcánicos Lourdes	Dacita porfirítica, brechas volcánicas, rocas volcánicas porfiríticas, tobas y flujos de lava	1720161,5	22,48
	Depósitos de ladera (derrumbe)	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	379153,27	4,95
	TOTAL		7652074,4	100

Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, (2016); Mapa geológico de amenaza de deslizamientos, 2017.

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.1 Mapa geológico del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

b) Geomorfología

Las estructuras plegadas de la formación Piñón con la presencia de la Cordillera de los Andes y la Cordillera de Chimbo mantiene un relieve montañoso con variaciones que van desde ligeramente ondulado a ondulado. Las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio son colinas medias, relieve montañoso, valles

encañonados y zonas deprimidas, dicha área se encuentra en la Cordillera de Chimbo el cual tiene una elevación de 3.300 msnm. El mapa fue elaborado en base al mapa de geomorfología a escala nacional realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca–MAGAP, a través del proyecto de cartografía temática a escala 1:25.000.

La mayor parte de la geomorfología de área de estudios son valles encañonados los cuales se caracterizan por tener pendientes fuertes por lo cual el valor de indicador asignado es alto, seguida de colinas medias las cuales son unidades morfológicas con topografía ondulada con una diferencia de altura de 23 a 75 metros y pendientes que van de 8 a 13 % en valor de indicado asignado es medio, con un mínimo porcentaje que se observa en los relieves montañosos con alturas considerables al cual se asignó un valor de indicador alto y zonas deprimidas las cuales son zonas de poca pendiente el valor de indicador es medio. En la tabla 4.14 se exhibe las superficies de las áreas en metros una breve descripción y los valores de los indicadores y en la figura 4.2 se presenta el mapa de geomorfología antes descrita.

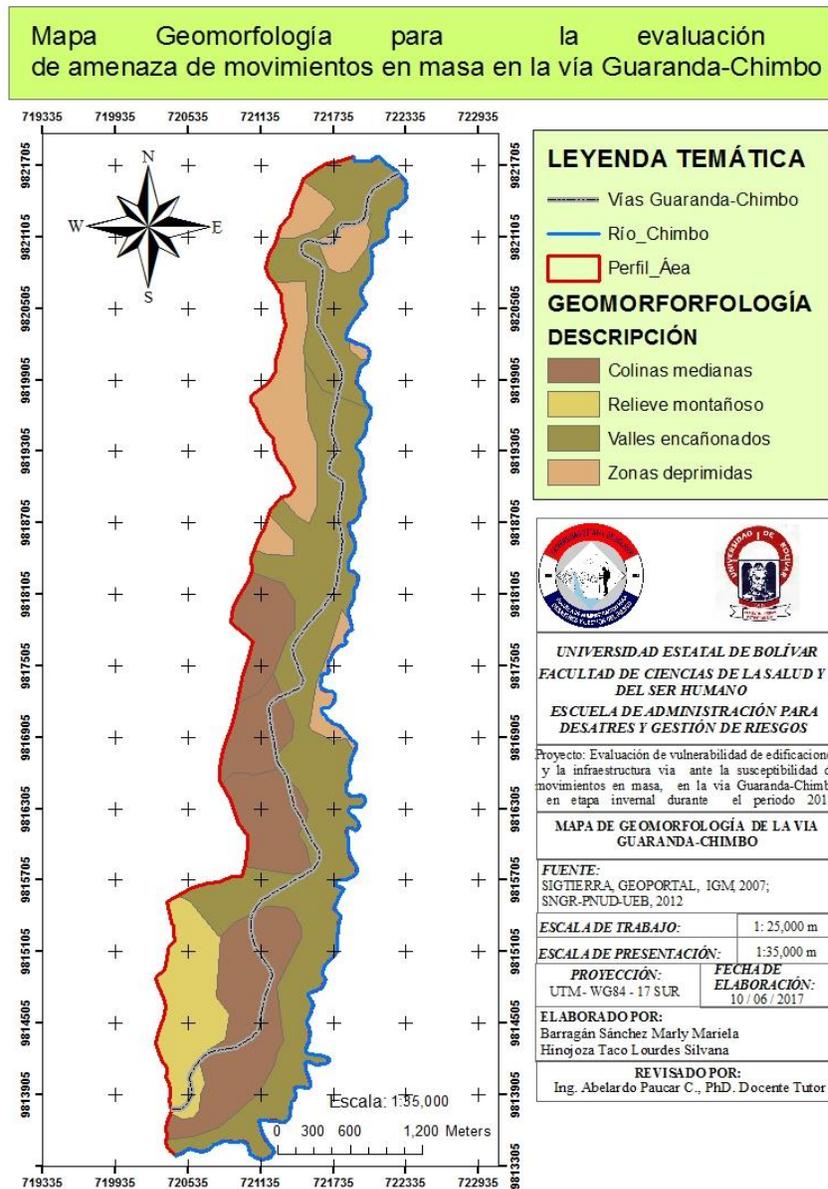
Tabla 4.15. Resultado de factor geomorfológico en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo

Factor	Indicador	Descripción	Área en m	%
Geomorfología	Colinas medias	Unidades morfológicas con una topografía ondulada con una diferencia de altura relativa de 25 a 75 metros con pendientes de 8 a 13 %.	2070036,439	27,05
	Relieve montañoso	Elevación natural de altura considerable puede contar con cordilleras.	705567,77	9,22
	Valles encañonados	Se ubican frecuentemente en la parte alta de cuenca hidrográfica, pendientes altas y con rocas firmes sin cobertura.	3874326,77	50,63
	Zonas deprimidas	Forma de relieve por la cual tierras emergidas se halla por debajo de las tierras circundantes.	1002143,44	13,10
	Total		7652074,42	100,00

Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, (2016), Mapa Geomorfológico de amenaza de deslizamientos,

2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.2. Mapa geomorfológico del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016., *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017

c) Pendiente

Las pendientes identificadas se representan mediante el porcentaje de inclinación del terreno, el mapa fue elaborado en base al mapa de pendiente a escala nacional realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-

MAGAP, a través del proyecto de cartografía temática a escala 1:25.000. Para la valoración de porcentaje de pendiente se basó en la ponderación de instituciones técnicas como MAGAP, INIGEMM, IGM, SGR. En la tabla 4.16 se puede apreciar que la mayor parte de área de estudio se encuentra ubicada sobre pendientes fuertes (> 40-70 %) las cuales corresponden a relieves fuertemente disertados, por lo cual el valor del indicador es alto, seguida de pendientes medias (> 12–25 %) con un valor bajo de indicador y media a fuerte (> 25-40 %) con valor medio de indicador los cuales son áreas con relieves medianamente ondulados y con fuertes pendientes.

Con un mínimo porcentaje de área se evidencia pendientes muy suaves (> 2-5 %) y suaves (> 5–12 %) las mismas que corresponden a relieves planos o medianamente ondulados, por lo cual el nivel de indicador es bajo, también se evidenciaron áreas con pendientes muy fuertes (> 70 – 100 %) las cuales son áreas fuertemente disertados estas área se puede apreciar en el sector del cerro Susanga por lo que el nivel de indicador es alto. En la tabla 4.16 se exhibe las superficies de las áreas en metros una breve descripción y los valores de los indicadores y en la figura 4.3 se presenta el mapa de pendientes antes descrita.

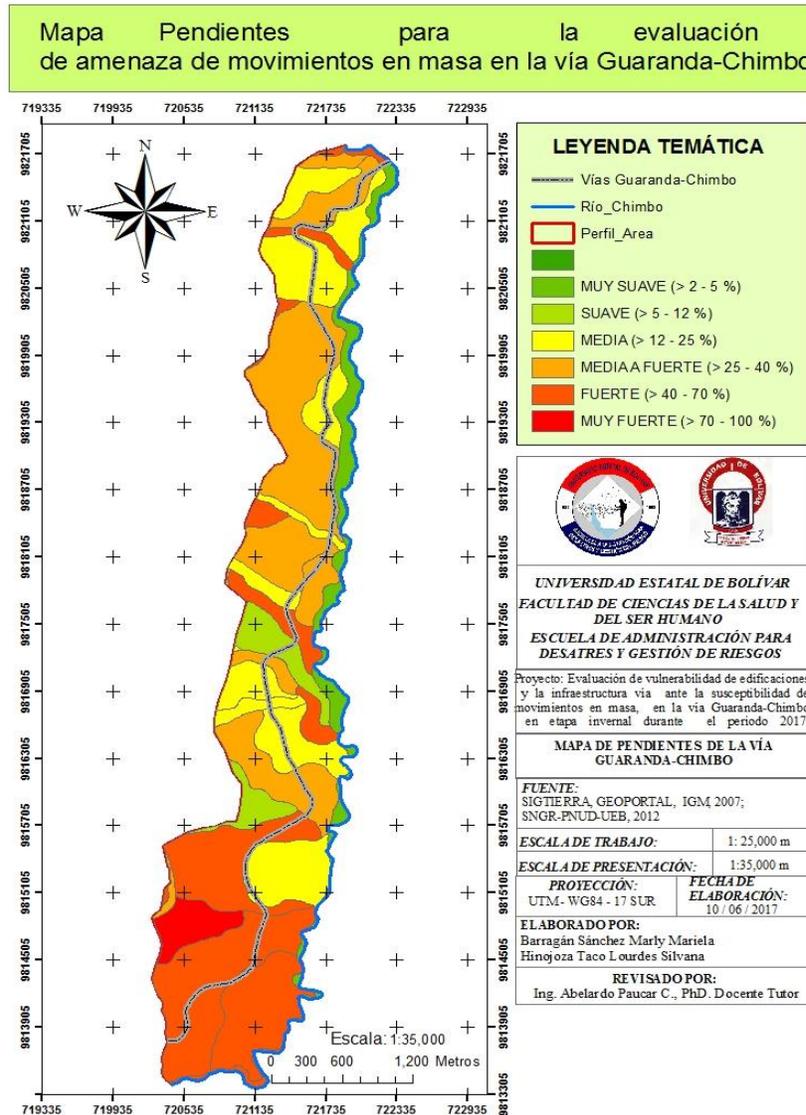
Tabla 4.16. Resultados del factor pendiente en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo

Factor	Indicador (rango de pendiente)	Descripción	Área en m	%
Pendiente (en %)	MUY SUAVE (> 2 - 5 %)	Correspondientes a relieves planos, casi planos o ligeramente ondulados.	532365,693	6,96
	SUAVE (> 5 – 12 %)	Corresponde a relieves medianamente ondulados	382515,31	5,00
	MEDIA (> 12 – 25 %)	Correspondiente a relieves medianamente ondulados.	1811964,08	23,68
	MEDIA A FUERTE (> 25 - 40 %)	Corresponde a relieves fuertemente disertados.	2219337,40	29,00
	FUERTE (> 40 - 70 %)	Corresponde a relieves fuertemente disertados.	2473453,12	32,32
	MUY FUERTE (> 70 – 100 %)	Corresponde a relieves muy fuertemente disertados.	232438,83	3,04
	Total		7652074,43	100,00

Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, (2016), Mapa pendientes para amenaza de deslizamientos, 2017.

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.3. Mapa pendientes del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

d) Uso de suelo

Áreas con buena cobertura vegetal presentan una buena estabilidad de terreno a los eventos de movimiento en masa, en la tabla 4.17 y en la figura 4.4 se puede observar que la mayor parte de la superficie del área de estudio corresponde a cultivos de ciclo corto en los cuales se puede mencionar cultivos de cereales como: maíz, trigo, cebada y tubérculos (papas), dichos cultivos tienen un ciclo de vegetación menor a un año incluso pueden llegar a ser de pocos meses; seguido de suelos desnudos, que

no cuenta con cobertura vegetal que lo proteja de la erosión ocasionada por el agua o viento; Estas dos zonas son consideradas con un valor alto de susceptibilidad a movimientos en masa.

Con un mínimo porcentaje se evidencian las zonas de centros poblados, bosques nativos y matorrales las cuales son categorizadas de baja influencia ante la susceptibilidad a movimientos en masa, por lo cual se han asignado valores bajo para cada indicador. Como factor importante a considerar en la evaluación de amenaza son las prácticas agrícolas (cultivos de ciclo corto) en la laderas de las lomas las cuales favorecen a la filtración de agua y la concentración de humedad principalmente en períodos lluviosos, que podría incidir en el incremento del nivel de susceptibilidad.



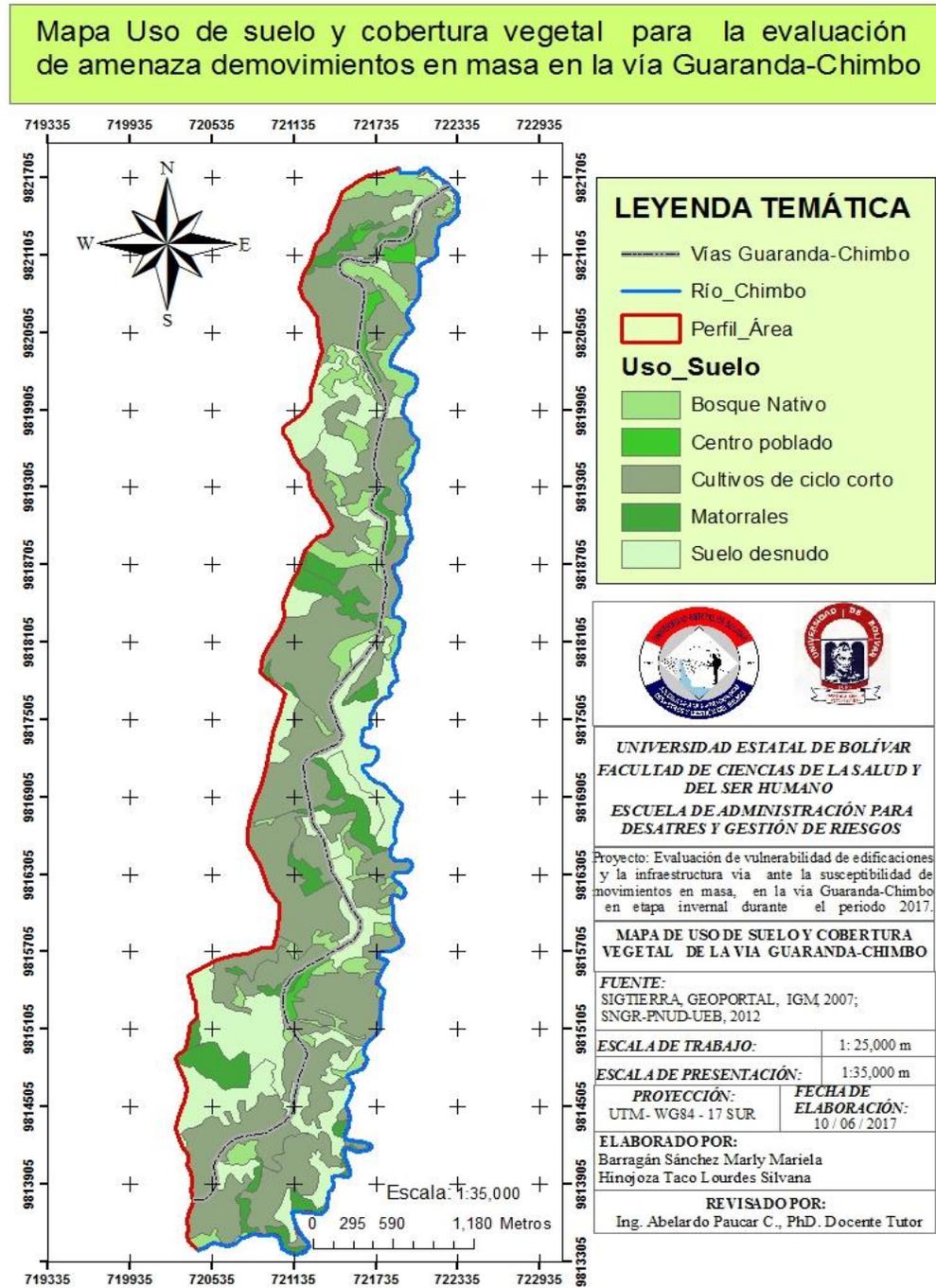
Foto 4.3. Cultivos de maíz en laderas del Cerro Susanga,
Fuente: Barragán e Hinojoza, 2017.

Tabla 4.17. Resultados del uso de suelo en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo

Factor	Indicador	Descripción	Área en m	%
Uso de suelo y cobertura vegetal	Centros poblados	Concentración de mínimo veinte (20) viviendas contiguas, vecinas o adosadas entre sí, ubicada en el área rural.	144880,67	1,89
	Bosque nativo	Ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras.	866095,38	11,32
	Matorrales	Campo caracterizado por una vegetación dominada por arbustos, y que a menudo incluye céspedes.	700966,56	9,16
	Cultivos de ciclo corto	Cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un 1 año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses.	3973997,02	51,93
	Suelo desnudo	No cuenta con una capa superficial que lo proteja de la intemperie, por lo que sufre a recibir daños por agua o viento.	1967205,26	25,70
	Total		7653144,89	100,00

Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, (2016), Mapa Uso de Suelos para amenaza de deslizamientos, 2017. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.4. Mapa de uso de suelo del área de influencia de la vía Guaranda-Chimbo



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

4.2.3. Factores desencadenantes

Los factores desencadenantes son los que pueden ocasionar que áreas con condiciones altas de susceptibilidad desencadene eventos de movimientos en masa por lo cual para el presente proyecto se ha considerado como indicadores desencadenantes las precipitaciones y sismos.

a) Sismos

En el área de estudio se han experimentado en tres ocasiones sismos con intensidad VIII en la escala de MSK los cuales ha sido registrados en los años de 1797, 1911, 1942 (IG/EPN, 2007). El evento de mayor importancia que tubo sobre la región de la Provincia Bolívar fue el sismos de 1942 en cual se suscitó en la zona de subducción frente a las costa de Manabí y de Esmeraldas, las localidades más cercanas a la zona del epicentro experimentaron aceleración de valores menores lo que produjera una amplificación de onda sísmicas en la zona de estudio. Los otros dos eventos registrados con intensidad de VIII (escala MSK) fueron los producidos en el año de 1797 y 1911 los cuales están relacionados con la actividad de la Falla de Pallatanga siendo el terremoto de 1797 el evento de mayor destrucción que se ha suscitado históricamente en el valle interandino. El área de estudio se encuentra ubicado en la zona alta de intensidad sísmica IV según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), 2015 con un grado de aceleración en roca de 0,35.

b) Precipitaciones

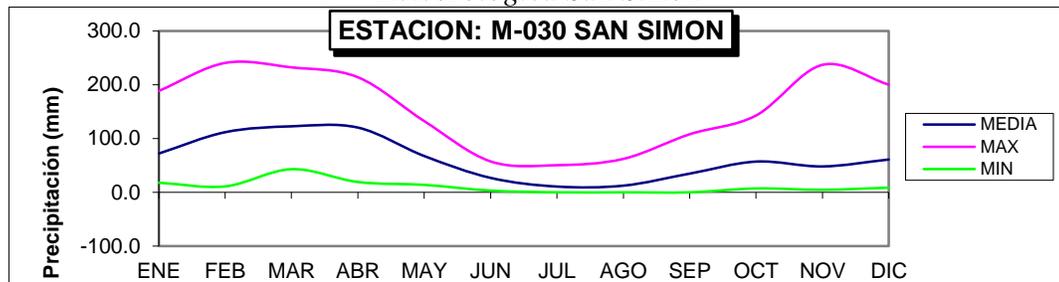
La información se basó en datos de las precipitaciones mensuales y anuales de la serie de 1963 a 1990 registradas por el INAMHI (2013) en la estación meteorológica de San Simón (M030) de influencia a la ciudad de Guaranda. Se consideró la media anual de precipitaciones que representa 745,178 mm que equivale a un nivel alto. La mayor intensidad de precipitación como se muestra en el gráfico 6.7 se presenta en los períodos de noviembre a mayo lo que podría desencadenar los deslizamientos.

Nombre: Estación San Simón

Código: M0030

Tipo: Pluviométrica

Imagen 4.1. Precipitaciones registradas de 1963 a 1990 en la estación meteorológica San Simón



M-030	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	72,15	111,9	122,9	120,5	67,43	26,68	10,53	12,23	34,67	57,11	48,08	60,97	745,178
MAX	188,7	240,8	232,5	214,1	132,4	57,4	50,4	62,1	108	142,9	237,2	200,4	1055,5
MIN	17,9	11	43,1	19,2	13,8	3,2	0	0	0	7,2	4,7	8,7	429,8

Fuente: INAMHI, 2013; UEB, 2014; Paucar, 2016

4.2.4. Mapa de amenaza de movimientos en la vía Guaranda-Chimbo

Luego del proceso de ponderación de los factores condicionantes y detonantes a los cuales se asignaron valores de indicador y pesos de ponderación, dan como resultado valores máximos, cuya sumatoria dan el índice de amenaza de movimientos en masa. Los resultados reflejan que la mayor parte de área de estudio tiene un nivel alto, seguida de un nivel medio de amenaza, debido a que la mayoría del área de estudio se encuentra ubicadas en zonas con un rango de pendiente fuertes y mediana a fuertes donde se evidencian valles encañonados y relieves montañosos, así como colinas medias y zonas deprimidas formadas por tobas andesíticas de grano fino brechas volcánicas y flujos de lava.

Los factores antes mencionados condicionan la potencial generación de eventos de movimientos en masa, como factor importante se considera el uso y cobertura de suelo debido a que este factor puede influir en la ocurrencia de estos eventos en el área de estudio, la mayor parte de cobertura son cultivos de ciclo corto (maíz, trigo) y suelos desnudos las cuales favorecen la filtración de agua y conservación de humedad del terreno.

En el área de estudio se evidenciaron escarpes de deslizamientos antiguos y recientes en el sector del Night Club “Las Lomas” es el sitio donde se suscitan con mayor frecuencia este tipo de evento. Para poder tener una mejor apreciación de los resultados obtenidos se procedió a dividir el mapa general de amenaza a deslizamientos de la vía Guaranda-Chimbo en tres tramos, los cuales se representan en la figura 4.5, figura 4.6 y figura 4.7. En la tabla 4.18 se observa el área en hectárea y el porcentaje de los niveles de amenaza de área de estudio.

En la figura 4.5 se puede observar que el mapa de amenazas de movimientos en masa del primer tramo de la vía Guaranda-Chimbo los sectores identificados son: Las Palmas, Curgua, las unidades morfológicas de estas zonas son la loma de Ondulagua ubicada en el sector de Curgua, la quebrada del molino Huaycu y meseta Las Palmas ubicadas en dicha zona. Se puede apreciar que la mayor parte de este tramo tiene un nivel medio y alto de amenaza debido a que en esta área el uso de suelo de la mayoría del área de estudio es destinado para cultivos de ciclo corto o son suelos sin cobertura vegetal además de estar caracterizada por ser áreas de pendientes fuerte.

En la figura 4.6 se aprecia el mapa de amenaza de movimientos en masa del segundo tramo de la vía Guaranda-Chimbo en donde se encuentra ubicados los sectores de La Batea y Llacan la unidades morfológicas identificadas en esta área son la quebrada de Tuso, loma Guantultus en el sector de La Batea y la meseta de Llacan Chico, en el sector se identificaron tres quebradas adicionales, debido a que la actividad agrícola es predominantes en estas áreas y la poca cobertura vegetal que existe en el segundo tramo de la vía se evidencias en su mayoría niveles medio y alto de amenaza de deslizamientos.

En la figura 4.7 se puede apreciar el mapa de movimiento en masa del tercer tramo de la vía Guaranda-Chimbo dentro de este tramo se encuentran ubicados el sector de El Tejar y Casaguayco la unidad morfológica identificada en esta área es la loma Susanga, caracterizada por tener pendientes muy fuertes por lo que el nivel de amenaza para este tramo es de media y fuerte.



Foto 4.4 Deslizamiento en el sector Night Club Las Lomas. **Fuente:** Barragán e Hinojoza, 2017.



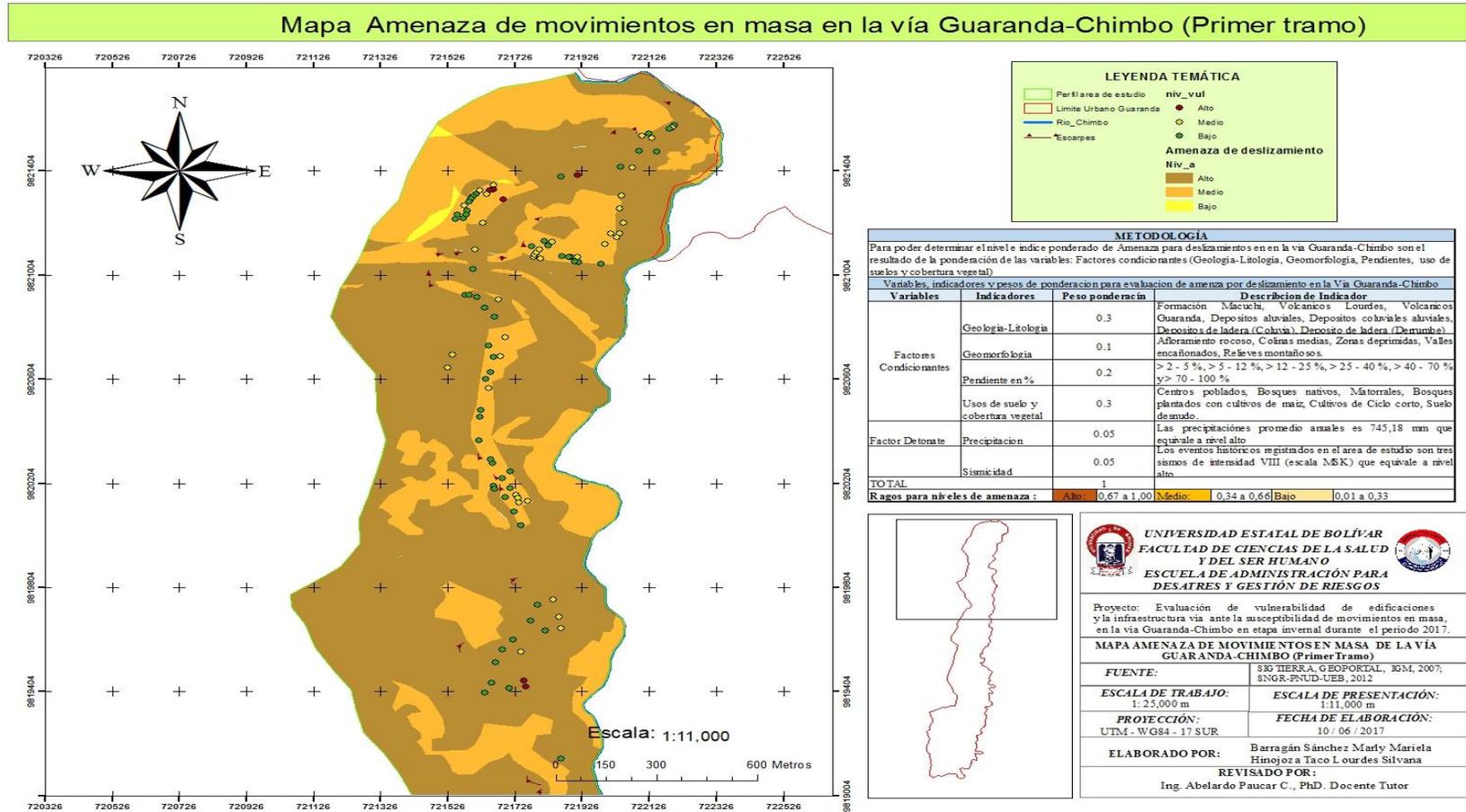
Foto 4.5. Deslizamiento en el sector de El Tejar. **Fuente:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Tabla 4.18. Resumen de áreas de amenazas de movimientos en la vía Guaranda-Chimbo

Nivel de amenaza	Área en hectáreas	%	Caracterización
Alto	381,17	67,02	Pendientes de mayores a 40% donde se evidencian valles encañonados y relieves montañosos , La Geología presente en estas áreas son depósitos aluviales, depósitos de ladera, el uso de suelo de estas áreas son cultivos de ciclo corto y suelos desnudos debido a las características de estos factores se consideran estas zonas con un nivel alto de amenaza por lo que se debe tener una mayor atención en estos puntos para poder tomar medidas correctivas y con esto poder disminuir posibles daños en el área de estudio.
Medio	185,57	32,63	Pendientes entre un rango de (> 25 - 40 %) la geomorfología presente en el sector son colinas medias o zonas deprimidas formadas por tobos andesíticas de grano fino brechas volcánicas y flujos de lava las cuales condicionan la potencial generación de Movimientos en masa que en su mayoría sería flujos y deslizamientos además el sector es una zona de alta intensidad sísmica debido a la falla de río salinas y fallas de río Chimbo las cuales se encuentran presentes en el área.
Bajo	1,97	0,35	Pendientes de en un rango de 0 a 25 %, la geomorfología que se evidencia en estas áreas son afloramientos rocosos, el uso de suelo de estas áreas son bosque nativos, matorrales y centros poblados, la formación geológica presente es la formación Macuchi son zonas que presentan una baja incidencia a los movimientos en masa pero pueden ser afectadas por deslizamientos producidos en zonas de alta amenaza las cuales pueden ser detonadas por el rango de precipitación del sector ≥ 201 mm.
Total	568,712	100	

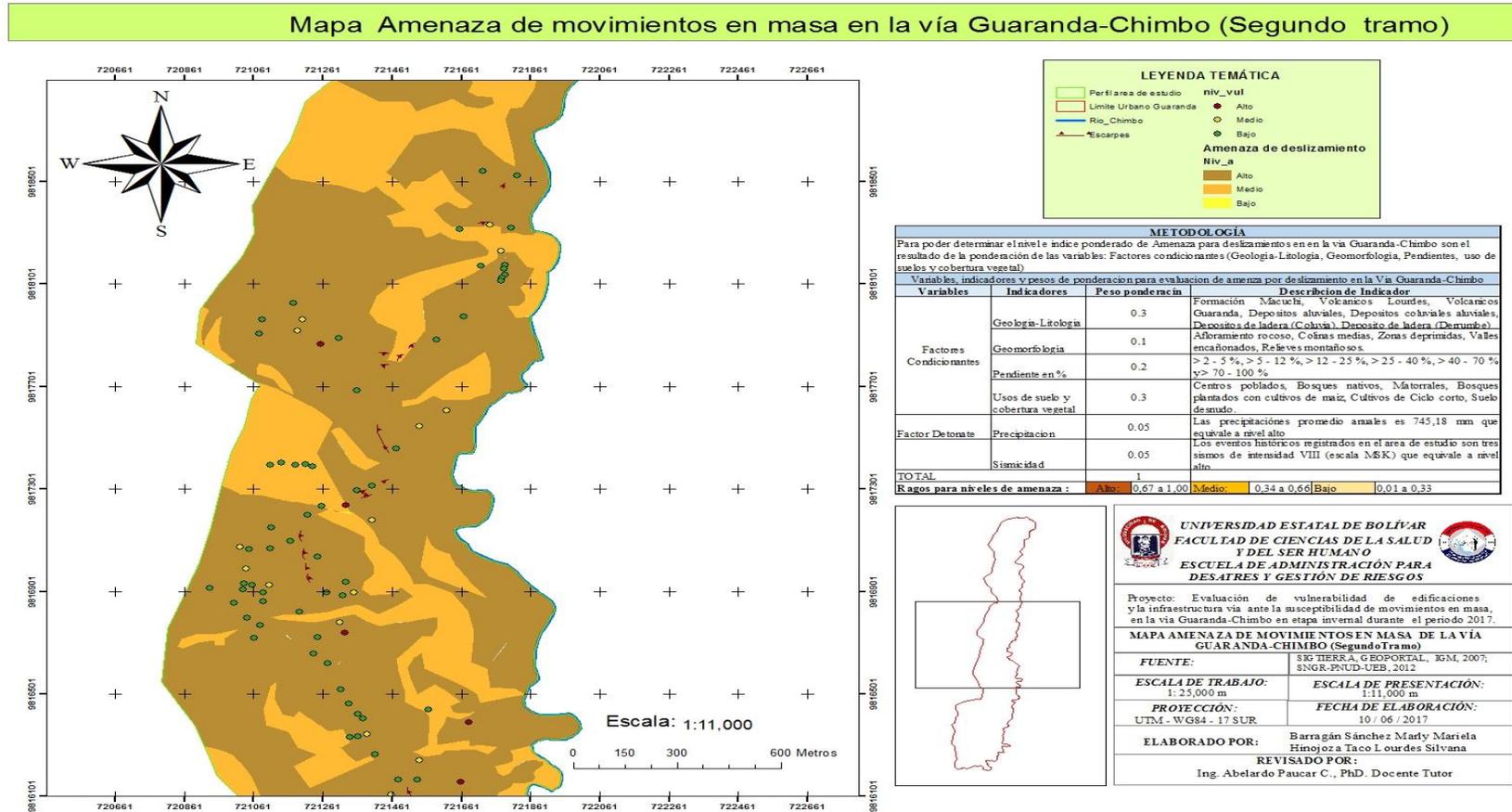
Fuente: Base de datos y mapa de amenaza de deslizamiento en la vía Guaranda-Chimbo,
Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.5 Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (Primer tramo)



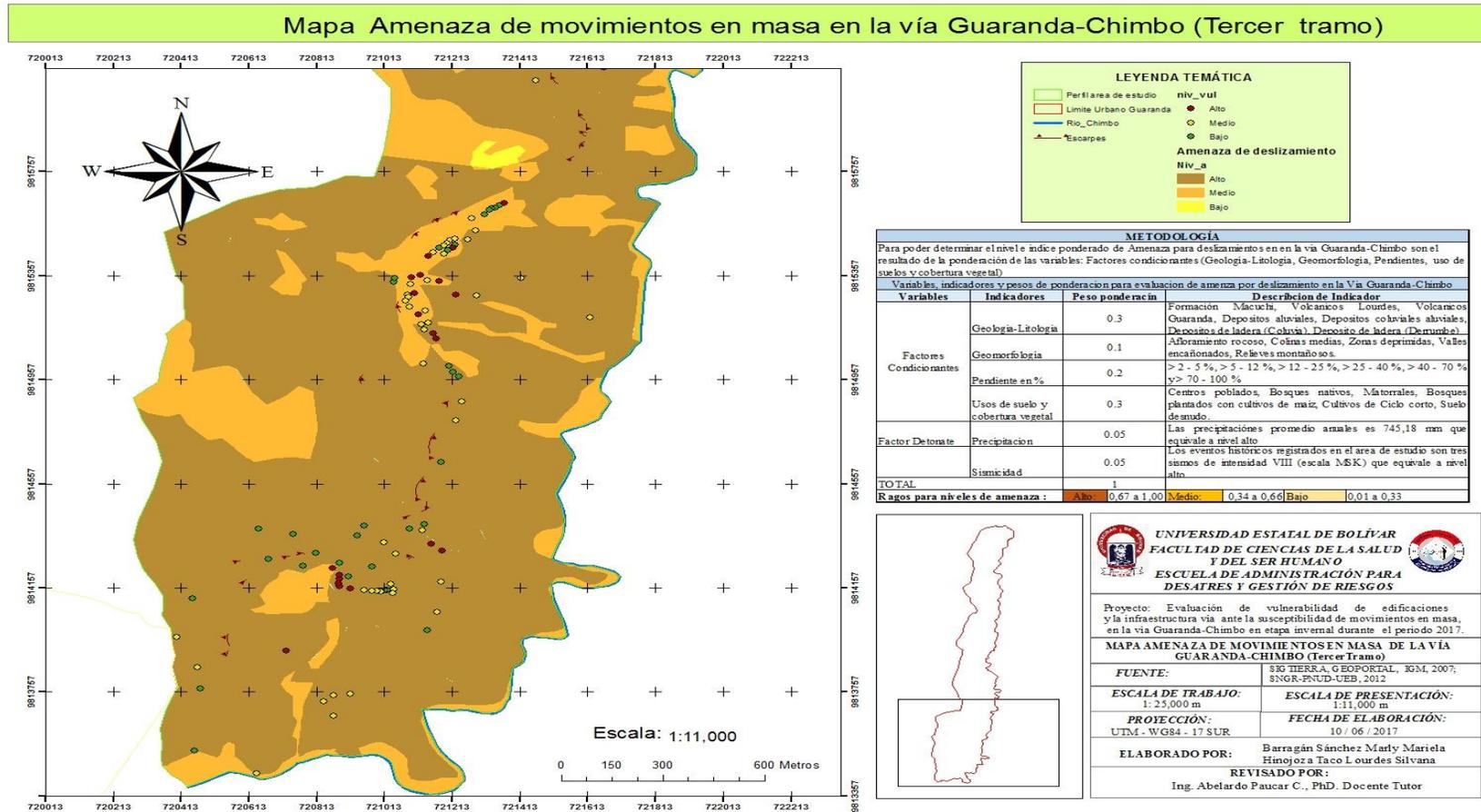
Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.6. Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (segundo tramo)



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.7. Mapa amenaza deslizamiento en la vía Guaranda – Chimbo (tercer tramo)



Fuente: SIGTIERRAS-MAGAP, 2016. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

4.3. RESULTADO DEL OBJETIVO 3: VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES Y SISTEMA VIAL ANTE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

4.3.1. Vulnerabilidad de Edificaciones

a) Condiciones actuales de edificaciones

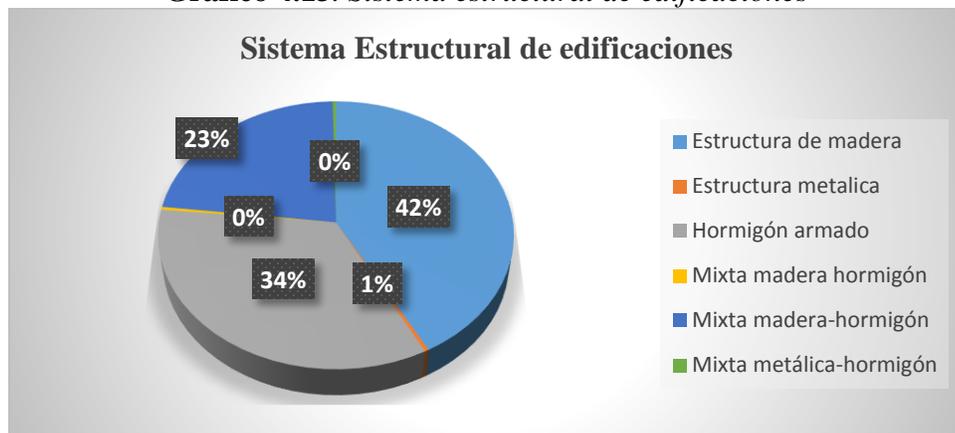
Sistema estructural

Tabla 4.19. Sistema estructural de edificaciones

Sistema estructural	N° Edificaciones	%
Estructura de madera	122	42,07
Estructura metálica	1	0,34
Hormigón armado	99	34,14
Mixta madera hormigón	1	0,34
Mixta madera-hormigón	66	22,76
Mixta metálica-hormigón	1	0,34
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.13. Sistema estructural de edificaciones



Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De la encuesta realizada se obtuvo como resultados que la mayoría de las edificaciones identificadas son estructuras de madera (42%), hormigón armado (34%) y estructuras mixtas de madera-hormigón (23%), con un mínimo porcentaje de edificaciones se puede apreciar edificaciones con estructuras metálicas, mixtas madera-hormigón y mixtas metálica – hormigón.

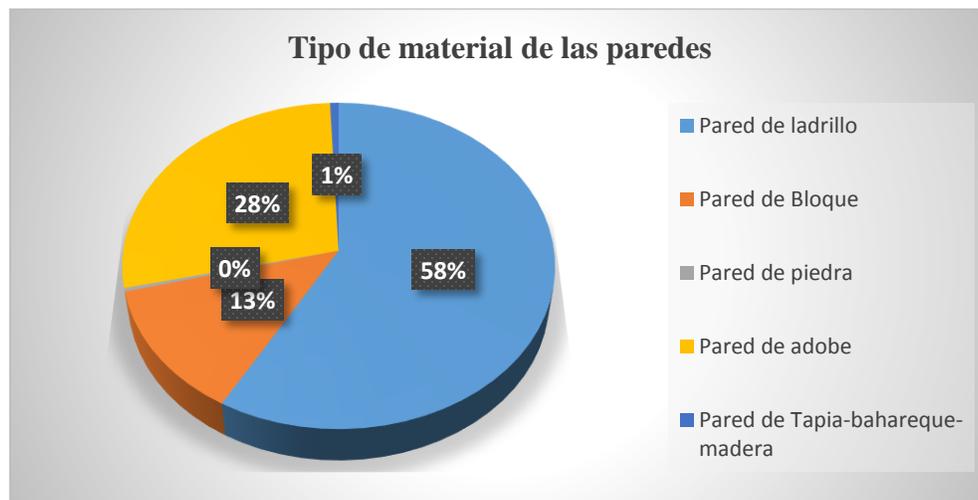
Tipo de material de las paredes

Tabla 4.20. Tipo de material de las paredes

Tipo de material en paredes	N° Edificaciones	%
Pared de ladrillo	169	58,28
Pared de Bloque	37	12,76
Pared de piedra	1	0,34
Pared de adobe	81	27,93
Pared de Tapia-bahareque-madera	2	0,69
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.14. Tipo de material de las paredes



Fuente: Observación de campo a edificaciones. Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De las encuestas aplicadas en el área de influencia del proyecto se obtuvo como resultados que el tipo de material de las paredes de la mayoría de las edificaciones son paredes de ladrillo (58%) y paredes de adobe (27%) con un mínimo porcentaje se puede apreciar edificaciones con paredes de bloque, piedra y paredes de tapial-bahareque-madera.

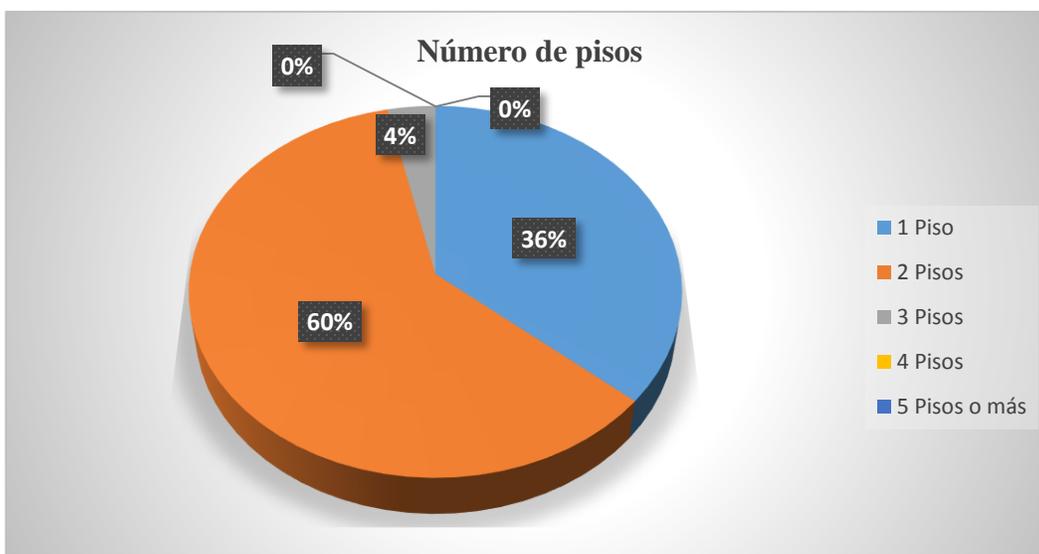
Número de pisos

Tabla 4.21. Número de pisos

Número de pisos	N° Edificaciones	%
1 Piso	105	36,21
2 Pisos	175	60,34
3 Pisos	10	3,45
4 Pisos	0	0,00
5 Pisos o más	0	0,00
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.15. Número de pisos



Fuente: Observación de campo a edificaciones. Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

De los resultados obtenidos de la encuesta aplicada se puede apreciar que el número de pisos de la mayoría de las edificaciones son de 1 piso con (36%) y 2 pisos (60%), con un mínimo porcentaje de edificaciones se identifican viviendas de 3 pisos (3%) dentro de área de influencia no se evidenciaron edificaciones más de 4 pisos más.

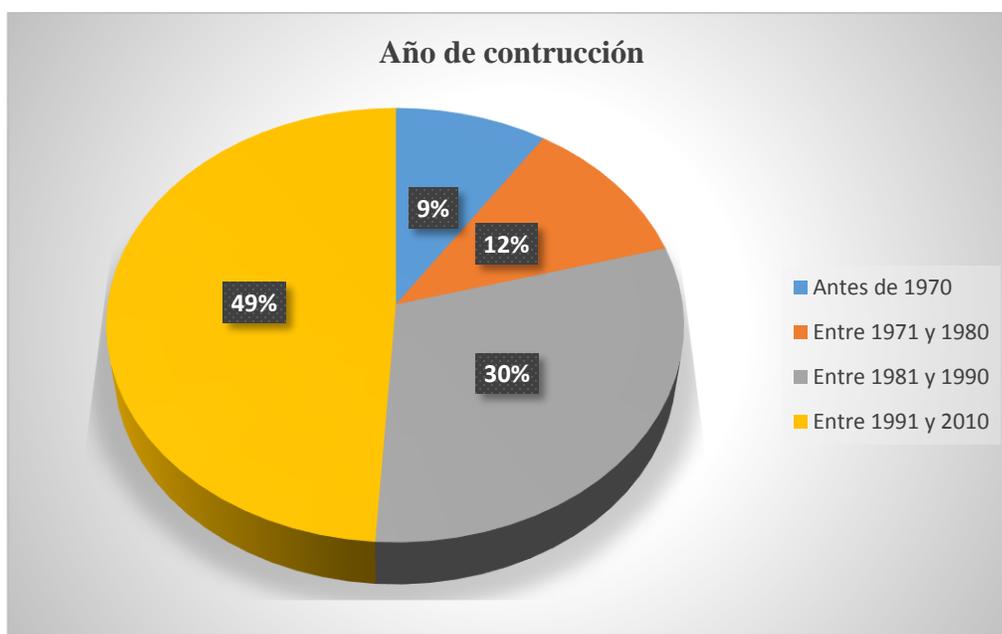
Año de Construcción

Tabla 4.22. Año de construcción

Año de Construcción	N° Edificaciones	%
Antes de 1970	27	9,31
Entre 1971 y 1980	33	11,38
Entre 1981 y 1990	88	30,34
Entre 1991 y 2010	142	48,97
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.16. Año de construcción



Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Se obtuvo como resultado de la encuesta aplicada que el año de construcción de la mayoría (49%) de las edificaciones está entre los años de 1991 y 2001, seguidamente con (30%) edificaciones construidas entre los años de 1981 y 1990, con un mínimo porcentaje (12%) se evidencian edificaciones construidas entre los años de 1971 y 1980, también se identificaron edificaciones construidas antes de 1970.

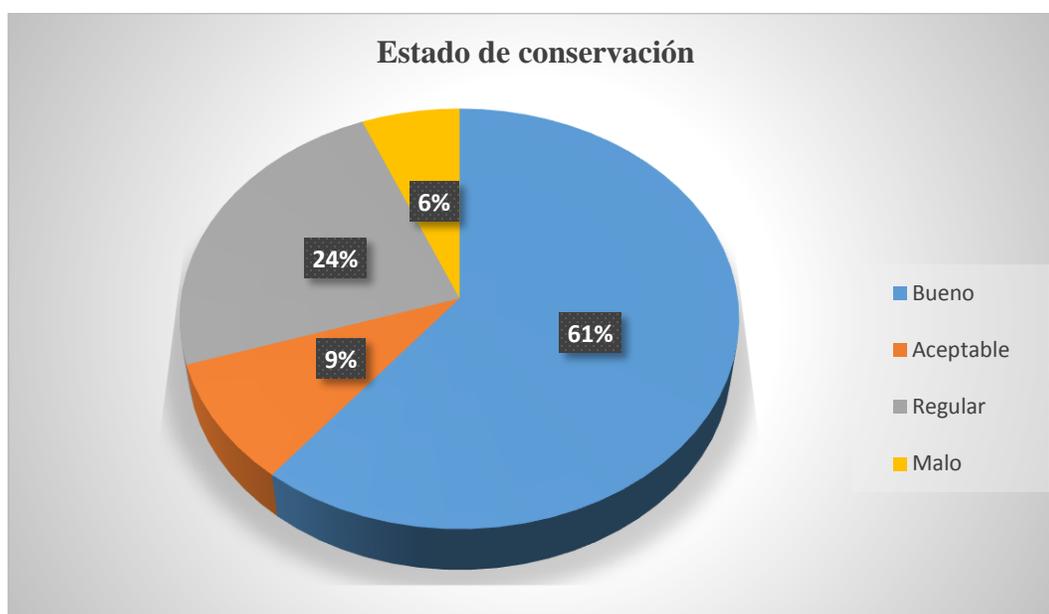
Estado de conservación

Tabla 4.23. Estado de conservación

Estado de conservación	Nº Edificaciones	%
Bueno	176	60,69
Aceptable	27	9,31
Regular	69	23,79
Malo	18	6,21
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.17. Estado de conservación



Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Se obtuvo como resultado que el estado de conservación de la mayoría (61%) de las edificaciones es bueno, seguida de un porcentaje de (24%) edificaciones con un estado regular de conservación, con un mínimo porcentaje se puede apreciar edificaciones con un estado de conservación aceptable y mala.

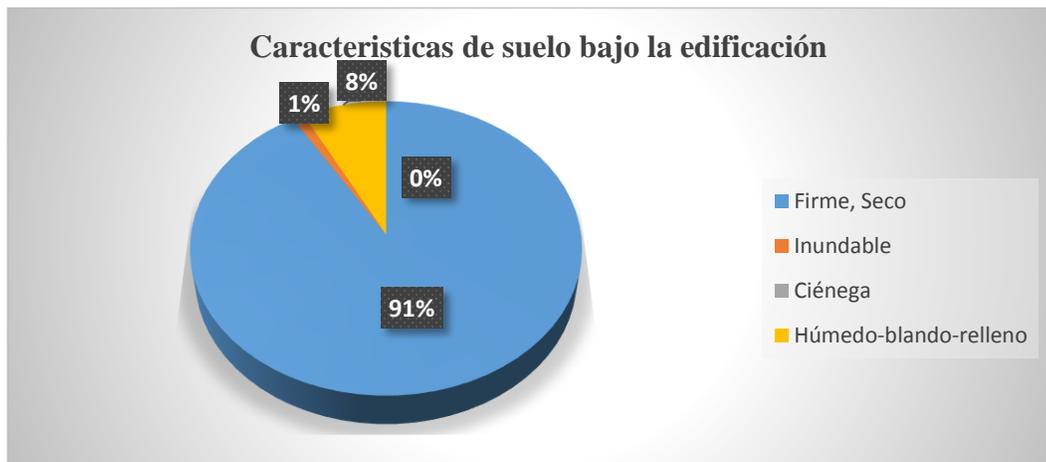
Características de suelo bajo la edificación

Tabla 4.24. Características del suelo bajo la edificación

Características del suelo bajo la edificación	N° Edificaciones	%
Firme, seco	265	91,38
Inundable	3	1,03
Ciénega	0	0,00
Húmedo-blando-relleno	22	7,59
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.18. Características de suelo bajo la edificación



Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Se obtuvo como resultado de la encuesta aplica que la mayoría (91%) de las edificaciones se encuentra ubicadas sobre suelos firmes y secos, con un mínimo porcentaje de (8%) edificaciones se puede apreciar que se encuentra construidas sobre suelos húmedos-blandos-rellenos y sobre suelos inundables, no se identificaron viviendas asentadas sobre ciénegos.

Topografía del sitio

Tabla 4. 25. Topografía de sitio

Topografía del sitio	N° Edificaciones	%
A nivel, terreno plano	96	33,10
Bajo nivel calzada	104	35,86
Sobre nivel calzada	90	31,03
Escarpe positivo o negativo	0	0,00
TOTAL	290	100,00

Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.19. Topografía del sitio



Fuente: Observación de campo a edificaciones. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Análisis:

Como resultado de la encuesta aplicada se puede evidenciar que la mayoría (36%) de las edificaciones se encuentra construidas bajo el nivel de la calzada, (31%) sobre el nivel de la calzada y (33%) a nivel de terreno plano, no se evidencia edificaciones construidas sobre escarpes positivos o negativos.

b) Nivel de vulnerabilidad de edificaciones

Para la ponderación de nivel de vulnerabilidad de las edificaciones asentadas en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo se basó en la metodología propuesta por la SNGR-PNUD (2012), con un aporte de la UEB (2013) una vez aplicada la metodología mencionada en el capítulo 2 donde se ha ponderado las variables sistema estructural, material de las paredes, número de pisos, año de construcción, estado de conservación, características de suelo bajo la edificación y topografía del sitio a los cuales se asignó valores de indicador de (1, 5 y 10) según el nivel de amenaza de deslizamientos a los cuales se les asignó un peso de ponderación la multiplicación de estos valores da como resultado el valor máximo de cada una de las variables anteriormente mencionadas, la sumatoria de los valores máximos de las variables dan como resultado el índice y nivel de vulnerabilidad de edificaciones que a continuación se presentan.

Se obtuvo como resultado que la mayoría de las edificaciones tiene un nivel bajo de vulnerabilidad, debido a que son estructuras de hormigón armado con paredes de ladrillo o bloque construidas en los últimos años ubicados sobre terrenos firmes y secos. Seguida de un nivel de vulnerabilidad media, se evidencian edificaciones con estructura de madera y mixtas de madera-hormigón con paredes de adobe ubicadas bajo el nivel de la calzada, con un mínimo porcentaje se puede apreciar edificaciones con un nivel alto de vulnerabilidad las cuales son estructuras de madera con paredes de adobe construidas en su mayoría antes de 1970, poseen un nivel de conservación regular o malo construidas bajo el nivel de la calzada.

Foto 4.6. Edificación nivel de vulnerabilidad alto



Nivel Alto: Estructuras antiguas (antes de 1970) de madera con paredes de adobe tienen un nivel de conservación regular o malo.

Foto 4.7. Edificación nivel de vulnerabilidad medio



Nivel Medio: Estructura mixtas de madera-hormigón con paredes de bloque y adobe ubicadas bajo el nivel de la calzada.

Foto 4.8 Edificación nivel de vulnerabilidad bajo



Nivel Bajo: Estructuras de hormigón armado con paredes de ladrillo o bloque construidas en los últimos años ubicados sobre terrenos firmes y secos.

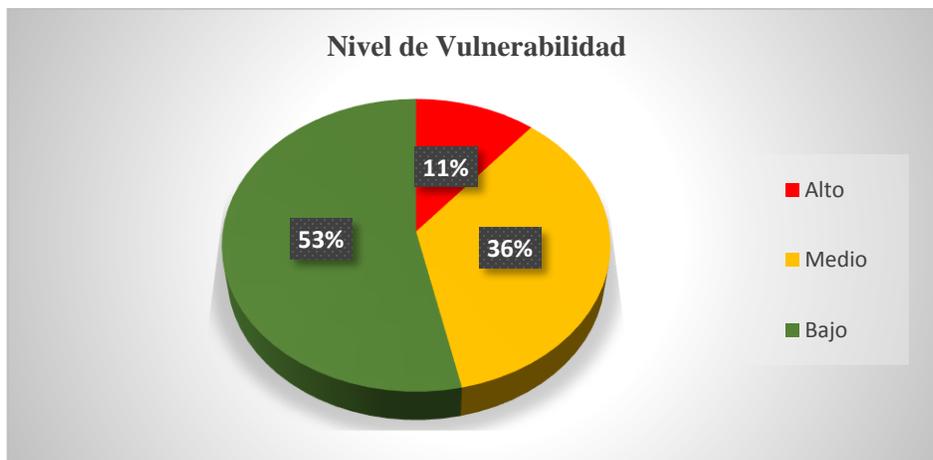
Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

Tabla 4.26. Nivel de vulnerabilidad de edificación en la vía Guaranda-Chimbo

Nivel	N° Edificaciones	%
Alto	32	11,03
Medio	103	35,52
Bajo	155	53,45
Total	290	100,00

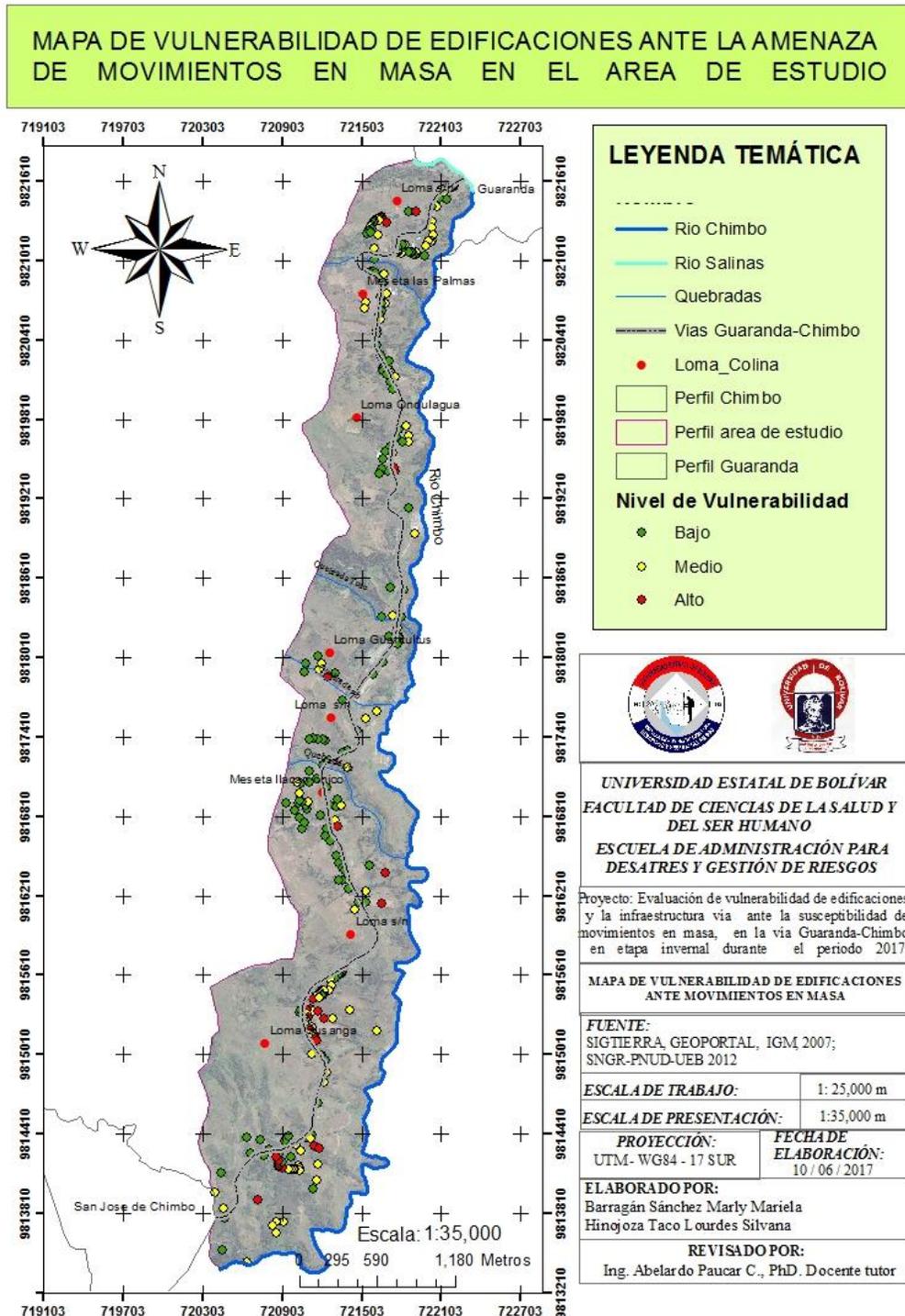
Fuente: Observación de campo a edificaciones, *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

Grafico 4.20. Nivel de vulnerabilidad de edificación en la vía Guaranda-Chimbo



Fuente: Observación de campo a edificaciones, *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017

Figura 4.8. Mapa de vulnerabilidad de edificaciones ante la amenaza de movimientos en masa



Fuente: Tabulación de fichas de campo. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

c) Exposición de las edificaciones ante deslizamientos

Mediante las intersecciones de los mapas de vulnerabilidad de edificaciones y de amenaza de deslizamiento, se obtuvo como resultado los niveles de exposición de las edificaciones ante este tipo de amenaza, en la tabla 4.27 se puede apreciar que el mayor porcentaje de edificaciones evaluadas tiene un nivel de exposición alto seguida de un nivel medio, esto debido a que se encuentra ubicadas sobre pendientes fuertes con terrenos inestables, aunque la mayoría de las edificaciones son estructuras de hormigón armado construidas en los últimos años, las condiciones geológicas, geomorfológicas así como la escasa cobertura natural de los suelos y pendientes prolongadas ocasiona que las edificaciones tenga niveles altos y medios de exposición. En el área de estudio no se registran niveles bajos de exposición estos debido a las características de área anteriormente mencionadas.

Tabla 4.27. Nivel de exposición de edificaciones

Nivel de exposición edificaciones	N° Casa	%
Alto	187	64
Medio	103	36
Total	290	100

Fuente: Observación de campo a edificaciones, *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

d) Nivel de vulnerabilidad de infraestructura vial

En el presente trabajo se evalúa la vía Guaranda-Chimbo la cual corresponde a la vía Estatal-491. Por ser de carácter nacional la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Publicas es la encargada de mantenimiento, ejecución de obras de prevención y mitigación de deslizamientos mediante obras estructurales, no estructurales y ambientales.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad de vía se basó en la metodología propuesta por SNGR-PNUD, 2012. En donde se evaluaron las siguientes variables, estados de revestimiento los cuales pueden ser identificadas como bueno, regular o malo, mantenimiento de la vial mismas que pueden ser planificado, esporádico o no

tener ningún tipo de mantenimiento y como última variable se considera el estado de diseño y construcción.

Para cada uno de estos indicadores se asignó un valor de (1, 5 y 10) así como pesos de ponderación la multiplicación de estos valores dan como resultado el valor máximo de vulnerabilidad de cada indicador, la sumatoria de estos valores indican el índice y nivel de vulnerabilidad de la vía. En la tabla 4.28 se puede apreciar que el nivel de vulnerabilidad de la vía Guaranda-Chimbo es bajo, esto debido a que el estado de revestimientos es bueno, tiene un mantenimiento preventivo esporádico y está diseñando bajo las normas de diseño y construcción de MTOP del 2002.

Tabla 4.28. Nivel de vulnerabilidad de la vía Guaranda-Chimbo

Codigo via/km	Codigo/Categoría	Tipo	Longitud en metros	Condiciones generales de la vía			Valor Indicador		Valor del peso		Valor maximo		Vulnerabilidad				
				Estado de revestimiento	Mantenimiento preventivo	Estandares de diseño y construcción	Estado Revestimiento	Mantenimiento preventivo	Estandares de diseño y construcción	Estado de revestimiento	Mantenimiento preventivo	Estandares de diseño y construcción	Estado revestimiento	Mantenimiento preventivo	Estandares de diseño y construcción	Índice de Vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad
Guaranda - Chimbo	Estatal	Lastrado	9.812	Bueno	Esponaneo	Aplica normas del MTOP 2002	1	5	1	2	4	4	2	20	4	26	Bajo

Fuente: Tesis Aguaguña, 2013. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

e) Exposición de infraestructura vial ante amenaza de movimientos en masa

Como se puede apreciar en la tabla 4.28 el nivel de vulnerabilidad ante deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo es bajo, esto debido a que el estado de revestimiento es bueno, cumple con las normas de construcción establecidas por la Dirección Provincial de Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, sin embargo el nivel de amenaza de deslizamiento es alto y medio para el área de influencia del proyecto, en la tabla 4.29 se puede apreciar que el mayor porcentaje de la vía tiene un nivel de exposición alto seguido de un nivel medio.

Esto debido a que la vía se encuentra construida sobre una topografía de relieves montañosos y valles encañonados con pendientes fuertes la geología esta caracterizadas en su mayoría por tobas las cuales no son resistentes a la meteorización por agua o viento (Aguiar, 2013). Lo cual da como resultado la inestabilidad del terreno y por lo tanto la generación de deslizamientos a lo largo del tramo de la vía.

Foto 4.9. Deslizamiento en el sector de Casaguayco



Fuente: Barragán e Hinojoza, 2017.

Foto 4.10. Deslizamiento en el sector de Las Palmas.



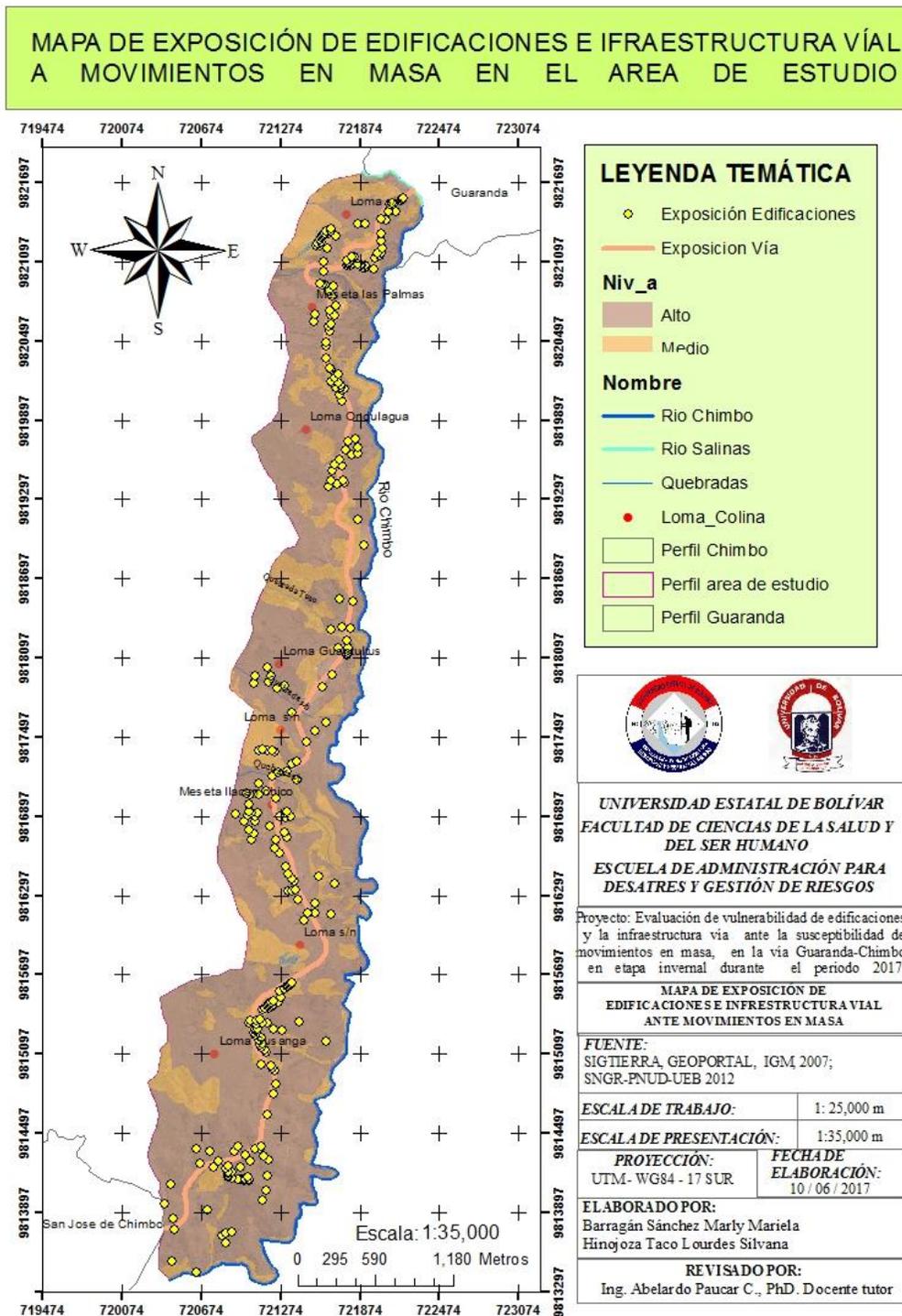
Fuente: Barragán e Hinojoza, 2017.

Tabla 4.29. Nivel de exposición de la vía Guaranda-Chimbo

Nivel de exposición vía	Vía/m	%
Alto	7125	73
Medio	2687	27
Total	9812	100

Fuente: Mapa de amenaza de movimientos en masa y mapa de localización de la vía Guaranda-Chimbo. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Figura 4.9. Mapa de exposición de edificaciones e infraestructura vial ante deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo



Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

4.4. RESULTADOS DEL OBJETIVO 4: MEDIDAS Y ESTRATEGIAS QUE CONTRIBUYAN A LA MITIGACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE LA AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Tabla 4.30. *Medias estructurales, no estructurales y ambientales de mitigación y prevención ante deslizamientos*

Zona critica	Medidas estructurales	Medidas no estructurales	Medidas ambientales
<p>Sector Las Palmas en el km 3</p> 	<p>Escalonamiento de talud: Son descansos planos en zonas medias de talud son también conocidas como “bremas” su finalidad es mejorar la estabilidad del mismo, esta medida será implementada para retener bloque que se desprenden o roturas, cada grada debe disponer de una cuneta para el control de agua superficial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones. ➤ Crear conciencia a la población sobre la importancia de árboles y vegetación sobre la estabilidad de terrenos. ➤ Prevención de incendios forestales en zonas con

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informados a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	<p>cobertura vegetal esta acción es muy común en la zona debido a la quema de vegetación para la siembra de cultivos de ciclo corto.</p>
<p>Sector Las Palmas en el km 4</p> 	<p>Drenajes longitudinales de zanja: Una buena alternativa de mitigación de deslizamientos en esta zona sería mediante este tipo de medidas estructural debido a la presencia de agua subterráneas evidenciada en la zona, estas zanjas estarán rellenas de materiales filtrantes cuya profundidad oscila entre 1 y 1,50 metros, un tubo perforado en el fondo el cual se encarga de la recolección del agua para posteriormente ser conducido al lugar de descargas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamientos. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenazas a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimiento sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crear conciencia a la población sobre la importancia de árboles y vegetación sobre la estabilidad de terrenos. ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o árboles de poca altura cuyas raíces alcancen profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones.

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector de Curgua</p> 	<p>Empleo de contrapeso al pie del talud: En el sector de Curgua una estructura fue afectada por un deslizamiento rotacional por lo que esta medida estructural podría ser el indicado, la colocación de pesos adicionales en la base de talud inestable genera una retención en dirección contraria el cual aumenta el factor de seguridad su efecto es hacer que el círculo de falla sea más largo, dichos muros pueden ser contruidos con muros de contención o rellenos de tierra armada, también se puede hacer uso de llantas, para este tipo de medida se debe realizar un análisis del peso requerido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones. ➤ Crear conciencia a la población sobre la importancia de árboles y vegetación sobre la estabilidad de terrenos.

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector de Curgua (cerca al botadero de basura)</p> 	<p>Redes de alta resistencia: debido a que en este sector se caracteriza los desprendimientos de rocas la siguiente medida podrá ser empleada para la protección ante la caída de piedras en este tipo de talud rocoso, con esta intervención se tiene un máximo nivel de seguridad ante cualquier desprendimiento que pueda afectar bienes y personas. Se exige materiales de alta resistencia pero a la vez que sea flexibles para una fácil adhesión a la superficie del talud, este tipo de redes son de forma hexagonal la cual debe ser tejida el material debe ser resistente a la corrosión y a la tensión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones.

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector La Batea</p> 	<p>Barreras vivas: Mediante el uso de esta medida se disminuirá la velocidad de escorrentía de la ladera, son empleadas con mayor frecuencia por los agricultores para la protección de sus propiedades, son medidas preventivas de gran ayuda. Estas barreras son hileras simples, dobles o triples de especies vegetales perennes y de crecimiento denso las cuales se establecen en una línea curva, de acuerdo al porcentaje de pendiente se establece la distancia de estas hileras. El objetivo principal es reducir la velocidad de escorrentía superficial reteniendo el suelo que en ella se transporta por lo que las siembras de estas plantas lo más cerca posible es indispensable, con esta medida permitirá las conservación y</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones. ➤ Crear conciencia a la población sobre la importancia de árboles y vegetación sobre la estabilidad de terrenos. ➤ Prevención de incendios forestales en zonas con cobertura vegetal esta

	<p>restauración del suelo disminuyendo los efectos causados por la escorrentía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	<p>acción es muy común en la zona debido a la quema de vegetación para la siembra de cultivos de ciclo corto.</p>
<p>Sector Llacan Chico</p> 	<p>Muro de concreto simple: Este tipo de estructura puede ser construidos en curvas y en diferentes formas son relativamente fáciles de construir debe tener una buena compactación, este muro no permite deformaciones importantes requiere de grandes cantidades de concreto, es antieconómica para alturas mayores de 3 metros.</p> <p>Muros de concreto ciclópeo: Son similares a los muros de concreto simple a diferencia que en estos se puede hacer uso de cantos de roca o bloques lo cual permite una disminución de los volúmenes de concreto que se emplearán, estas estructura soporta esfuerzos grandes de flexión son empleados como</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para mejorar la sensibilización en temas de riesgo. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las precipitaciones. ➤ Crear conciencia a la población sobre la importancia de árboles y vegetación sobre la estabilidad de terrenos.

	<p>contrapesos por lo que no son empleadas en alturas mayores a 4 metros debido a que no solo sería antieconómicas sino por la flexión que no resistiría la roca y concreto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector Llacan</p> 	<p>Redes de alta resistencia: Esta zona se caracteriza por los desprendimientos de rocas, la siguiente medida podrá servir para la protección ante la caída de piedras en este tipo de talud rocoso, permitiendo tener un máximo nivel de seguridad ante cualquier desprendimiento que pueda afectar bienes y personas. Se exige materiales de alta resistencia pero a la vez que sea flexibles para una fácil adhesión a la superficie del talud, este tipo de redes son de forma hexagonal la cual debe ser tejida este material debe ser resistente a la corrosión y a la tensión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejorar la sensibilidad en el tema de gestión de riesgos. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En las zonas aledañas a este sector es recomendable realizar acciones de forestación mediante la siembra de especies arbustivas o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm. ➤ Estas especies cubrirán y protegerán el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia. Esto permitirá prevenir la posible ocurrencia de deslizamientos futuros en la zona.

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector El Tejar (Night Club “Las Lomas”)</p> 	<p>Muro de gavión: Este sector se ha visto afectado anteriormente por deslizamientos los cuales se han suscitado por la sobresaturación del suelo, para esta zona esta medida es la más indicada. Es una caja prismática regular fabricada con una malla metálica de triple torsión con alambre galvanizado, este tipo de estructura trabaja por gravedad por lo que no es necesario una cimentación profunda es muy usada debido a que se puede implementar en cualquier tipo de material de un talud o corte.</p> <p>Es de tipo flexible puede adaptarse al movimiento de la tierra, su permeabilidad es unas de sus características más importantes ya que</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en zonas con 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En este sector se caracteriza la siembra de cultivos de ciclo corto por lo que la cobertura vegetal se ha visto severamente aterrada por lo que una estrategia ambiental factible sería la forestación mediante de la siembra de arbustos o arboles de poca altura cuyas raíces alcance profundidades de 50 cm con esto permitir una mayor estabilidad de suelo.

	<p>no tiene aglutinantes ni segmentaste dentro del material de relleno ya que son piedras que no pueden ser menores a las dimensiones de la malla es por agujeros de estas por donde el agua puede salir.</p>	<p>niveles altos de amenaza de deslizamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso. 	
<p>Sector El Tejar (a 100 metros del Night Club “Las Lomas”)</p> 	<p>Biomantas: Debido a la ausencia de cobertura vegetal en esta zona se recomienda el empleo de esta medida de mitigación la cual permite el desarrollo de vegetación debido a que es biodegradables una vez cumplida esta función desaparece, esta producidas con fibras de coco u otras fibras naturales su principal función es servir de protección y abono a las especies vegetales que en ella se siembre.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cumplimiento de normativas de regulación de uso de suelo, impidiendo la construcción de edificaciones en zonas de alto riesgo de deslizamiento. ➤ Informar a la población de la zona sobre las amenaza a movimiento en masa a la que están expuestos para tener un mejor entendimientos sobre el tema. ➤ Implantación de medidas de evacuación con acción inmediata de simulaciones y simulacros en 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En zonas aledañas a este sector se recomienda accione de forestación mediante la siembra de arbusto o arboles de pequeña estatura con raíces mayores o iguales a 50 cm, debido a que no existe una buena cobertura vegetal en la zona esto debido a que los suelos han sido empleados para la siembra de cultivos de ciclo corto o han sido deforestadas.

		<p>zonas con niveles altos de amenaza de deslizamiento.</p> <p>➤ Establecer medidas de seguridad informar a la población sobre cómo actuar antes, durante y después de la ocurrencia de este tipo de evento adverso.</p>	
--	--	--	--

Fuente: Alberti, Canales, y Sandoval (2006). **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

Medidas generales para la regulación de la vulnerabilidad ante la amenaza de deslizamientos

- El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Santa Fe deberá regular el uso de suelos de los sectores de Las Palmas y Curgua, así como el Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón San José de Chimbo de los sectores de Llacan, El Tejar, La Batea y Casaguayco, con esto evitaran la construcción de edificaciones en zonas con pendientes fuertes o con suelos inestables considerados de alta amenaza a movimientos de masa.
- Obras de forestación y reforestación en zonas donde la cobertura vegetal es escasa con estas medidas se disminuirá la infiltración de agua sobre suelos desnudos o con poca vegetación evitando que se filtre el agua, ocasionando la inestabilidad de terreno lo cual podría desencadenar movimientos en masa.
- Instituciones como la Dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Bolívar, debería coordinar la ejecución de medidas de mitigación y prevención ante movimientos en masa, las cuales serían medidas estructural en las zonas consideradas como críticas en donde la generación de estos eventos es recurrente.
- Mediante la sensibilización a la población sobre temas relacionados a la generación de eventos de movimientos en masa se podrá indicar cuáles son los principales factores que influyen en la los mimos.
- Establecer medidas de seguridad sobre cómo actuar ante, durante y después de un deslizamiento mediante la simulación y simulacros en las zonas consideradas con niveles altos de vulnerabilidad.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Comprobación de la Hipótesis

Al ser una hipótesis descriptiva no se ha incluido su comprobación

5.2 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede establecer las siguientes conclusiones:

- En el análisis socio territorial, se concluye que la principal actividad económica de los habitantes del área de estudio que en el sector se desarrolla son los cultivos de ciclo corto como son maíz, trigo, papas, frejol son más predominante, ocasionando un poco cobertura vegetal en la zona de estudio debido a que gran cantidad de terreno ha sido deforestados para prácticas agrícolas, dejando suelos descubiertos lo que podría incrementar la susceptibilidad a deslizamientos por infiltración de agua ocasionado por la escorrentía superficial.
- Por la geomorfología y pendientes identificadas en el tramo de la vía Guaranda-Chimbo se puede apreciar que este sector está caracterizado por valles encañonados y relieves montañosos de pendientes medianas a fuertes; además, la litología debido a que la mayoría de área está conformada por tobas andesitas (cangaguas) provenientes de formaciones volcánicas, las mismas que no son resistente a la meteorización por agua y viento; así como el uso de suelo que en su mayor parte son cultivos con poca cobertura vegetal. Estos factores influyen en que toda el área de estudio registra niveles medios y altos de amenaza a deslizamientos; que pueden desencadenar por precipitaciones fuertes ocasionando la saturación de suelo, principalmente en períodos lluviosos, de igual forma por eventos sísmicos.

- Del análisis de vulnerabilidad de edificaciones de la zona se concluye que la mayoría poseen niveles bajo de susceptibilidad, debido a que son infraestructuras de hormigón armado con paredes de bloque o ladrillo, construidas en los últimos 20 años, por lo que su estado de conservación es bueno o aceptable; no obstante, no dejan de ser vulnerables ante este tipo de eventos, debido a que la mayoría de las edificaciones evaluadas se encuentra ubicadas a los costados de la vía, bajo o sobre el nivel de la calzada; por lo que podrían ser afectadas por deslizamiento de taludes cercanos. Las edificaciones categorizadas con niveles medios y altos son infraestructuras antiguas con un estado malo de conservación, en su mayoría de adobe y están ubicadas en el sector de El Tejar y Casaguayco.
- De acuerdo a la evaluación de la vulnerabilidad física estructural de la vía Guaranda-Chimbo ante la susceptibilidad a movimientos en masa los resultados indica un nivel bajo; debido a que se encuentra en buenas condiciones, cumple con las normas de construcción establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, se evaluó una longitud de 9,8 km de vía en donde se pudo identificar las zonas críticas que se han visto afectadas por deslizamientos, siendo las más recuentes los sectores de Curgua, Llacan y Casaguayco.
- La mayoría de los deslizamientos activos o recientes que se han registrado en el área de influencia del proyecto, son zonas susceptibles que ante la presencia de las precipitaciones constantes y fuertes en períodos lluvioso, dan como resultado la sobre saturación de suelo ocasionado los deslizamientos en distintos tramos de la vía Guaranda-Chimbo; el sector donde se localiza el Night Club “Las Lomas” es el área en donde se han suscitados mayor cantidad de eventos, según los registros proporcionados por la Secretaria de Gestión de Riesgos Bolívar-SGR.

5.3 Recomendaciones

Con la finalidad de contribuir a la reducción y vulnerabilidad ante la amenaza de deslizamientos en la vía Guaranda-Chimbo; a continuación se plantea las siguientes recomendaciones:

- Instituciones locales como Universidad Estatal de Bolívar-UEB, Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, Secretaria de Gestión de Riesgos-SGR, GAD del Cantón Guaranda, GAD del Cantón Chimbo y otros, deberán coordinar, apoyar y promover estudios de análisis de riesgos en la zona para que puedan ser incorporados en los procesos de planificación territorial, generación de estrategias y medidas de reducción, fortalecer los conocimientos de la población sobre deslizamientos, así como la implementación de planes de emergencia o actuación en las diferentes zonas identificadas.
- Socialización de los resultados de presente proyecto con autoridades de los GAD's San José de Chimbo, GAD's Guaranda y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP-Bolívar, como instituciones públicas encargadas del mantenimiento de las vías, así como del desarrollo urbano y rural de la zona de estudio.
- Uno de los principales factores que influyen en la susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de estudio es la poca cobertura vegetal y la sobresaturación del suelo, se debería realizara una propuesta a los moradores de los sectores Las Palmas, Curgua, La Batea, Llacan, El Tejar y Casaguayco para poder tener una variación de sembríos de ciclo corto en cuanto al usos de suelo con mayor amenaza, además de proponer un diseño de sistema de drenaje superficial en las áreas dedicadas a cultivos de ciclo cortos, edificaciones y vías de acceso a los diferentes sectores, para poder controlar el nivel de aguas subterráneas y superficiales y los efectos que ocasionan en las zonas de mayor riesgos de área de influencia del proyecto.

- Para poder reducir los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones en la zona de estudio las autoridades de los GAD's San José de Chimbo y GAD's Guaranda, deberían crear ordenanzas que eviten la construcción de edificaciones en terrenos ubicados en zonas propensas a deslizamientos debido a que el crecimiento incontrolable y sin ningún tipo de norma u ordenanza permite la construcción de edificaciones en estas zonas vulnerables.
- La dirección Provincial del Ministerio de Transporte y Obras Públicas Bolívar, debería actualizar y complementar la información en relación al estado de la vía Guaranda-Chimbo, esto permitirá realizar un mantenimiento adecuado de la vía y estudios respectivos para poder identificar vías de evacuación alternas en el caso de que se suscite un evento adverso y esta vía quede bloqueada; además, se debería desarrollar programas de reducción de vulnerabilidad física de la vía estatal E-491 ya que permite el ingreso y salida de las ciudades de San José de Chimbo y Guaranda la cual tiene un alto flujo vehicular, con esto se podrá contribuir a la seguridad y protección de la colectividad.
- Por ser considerada en área de influencia del proyecto con niveles medios y altos de susceptibilidad ante la amenaza de deslizamientos, se debe realizar medidas de mitigación y prevención de dichos eventos los cuales pueden ser mediante medidas estructurales, no estructurales y ambientales en las zonas críticas de deslizamientos, las cuales deberán tener un estudio previos de factibilidad y vialidad.

BIBLIOGRAFÍA

Alberti, J., Canales R. y Sandoval B. (2006). “Técnicas de mitigación para el control de deslizamientos de taludes y su aplicación a un caso específico”. Tesis de Grado, Universidad de El Salvador. Páginas 104 – 307. San Salvador – El Salvador.

Barrantes, G., Barrantes, O. y Núñez O. (2011). “Efectividad de la Metodología Mora-Vahrson Modificada en el Caso”. Artículo Revista Geográfica de América Central, vol. 2, N°. 47. Páginas 148-149. Costa Rica.

Castillo, A. (2010). “Introducción a la Ingeniería Sismología”. Primera edición. Bogotá – Colombia.

CIT – Centro de Investigaciones Tropicales del 2013. “Reserva el Edén”. Universidad Veracruzana. Disponible en: http://reservaeleden.org/plantasloc/alumnos/manual/06c_reforestacion.html. Fecha de Consulta: 19/05/2017.

González, L. y Ferrer, M. (2010). “Ingeniera Geológica”. ORYMU, S.A, España.

Grunauer, P. (2012). “Propuesta Metodológica Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal de Quito”. Editorial: AH.

IGN – Instituto Geofísico Nacional de 1985. Artículos Geo-institutos sobre usos de suelos. Disponible en: <http://www.geoinstitutos.com/>. Fecha de Consulta: 25/05/2017.

INAMHI - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2013). “Serie de datos meteorológicos mensuales y anuales de precipitación de la estación M030 – San Simón, cantón Guaranda, período 1963 a 1990”. Formato digital en Excel.

Iriondo, M. (2009). “Introducción a la Geología”. Segunda Edición Brujas, Argentina.

López, D. (2014). “Escuela de Organización Industrial” Disponible en: <http://www.eoi.es/blogs/danielnovillo/2012/04/26/el-riesgo-medidas-estructurales-y-medidas-no-estructurales-herramientas-para-la-cuantificacion/>. Fecha de Consulta: 01/06/2017.

Martínez, A. (2015). “SIG aplicada a la zonificación de amenazas por deslizamientos en la vía Aloag-Tandapi de Ecuador”. Tesis de Grado, Universidad de Salzburg, Austria.

Mira, J. (2010). “Geología”. Editorial: OCW, España.

Muñoz, M. (2013). “Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades de la Infraestructura vial del sector Guzho en la autopista Cuenca-Azogues desde el Km 0 hasta Km 1.4 de Ecuador”. Tesis de Grado, Universidad Estatal de Cuenca, Cuenca - Ecuador.

Pacob, A. (2007). “Variedad Plus”. 30 de agosto del 2007. Disponible en: <https://variedadplus.blogspot.com/2007/08/medidas-preventivas-ante-deslizamientos.html>. Fecha de Consulta: 06/06/2017.

Papa, Y. (2012). “OverBlog”. Disponible en: <http://yamila.papa.overblog.es/article-como-prevenir-deforestacion-86429052.html>. Fecha de Consulta: 06/06/2017.

Restrepo, N. (2007). “Diccionario Ambiental”. Editorial Kimpres Ltda. Bogotá – Colombia.

SNGR – Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012). Ejecuto el Proyecto “Guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal”, en donde se evaluó la vulnerabilidad en los sistemas de agua, alcantarillados, edificaciones, vías, socioeconómico, político, legal e institucional”. Edición, diseño, ilustración, Ecuador.

SNGR – Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. (2015). Protección de Bosques. Disponible en: www.gestionderiesgos.gob.ec/prevencionaincendiosforestales. Fecha de Consulta: 10/06/2017.

SNGR-Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, PNUD-Plan de las Naciones Unidas para el Desarrollo, UEB-Universidad Estatal de Bolívar (2012). “Análisis de Vulnerabilidad del cantón Guaranda Perfil Territorial 2013”. Quito – Ecuador.

UCR–Universidad de Costa Rica, RSN – Red Sismológica Nacional (2015). Glosario de Geología, Costa Rica, Editorial Patricia Blanco Picado.

Universidad Estatal de Bolívar (2014). “Metodología para el análisis de riesgos (sismos, deslizamientos e inundaciones) de la ciudad de Guaranda; Guaranda”. Investigador principal y Director del proyecto. Guaranda - Ecuador.

Vidal, J. (2012). “Susceptibilidad y amenaza de movimientos de ladera mediante SIG, en el municipio de Berlín el Salvador de Madrid”. Tesis de Grado, Universidad Complutense. España - Madrid.

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA APLICADA A LA POBLACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
 ESCUELA DE ADMINISTRACION PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS



Proyecto de Investigación (Trabajo de Titulación): Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.

OBJETIVO: Establecer el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.

INSTRUCTIVO: La Universidad Estatal de Bolívar se encuentra realizando el presente proyecto de investigación "Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017." razón por la cual solicitamos su colaboración contestándonos las preguntas que a continuación se presentan.

DATOS DE UBICACIÓN GEOGRAFICA

Provincia: Cantón: Parroquia:
 Sector: Nº de Casa: Coordenadas UTM: X:
 Y:

DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO

1. ¿Grupo étnico al que pertenece?

Mestizo: Indígena: Afro ecuatoriano: Blanco:

Genero: Hombre Mujer Edad:

VULNERABILIDAD SOCIAL

2. ¿Conoce Ud. Si alguna vez ha ocurrido un evento adverso (desastre) en el sector?

Si: No: NR/NS

3. ¿Qué tipo de evento considera ud que esta expuesto el sector

Sismos: Deslizamientos: Hundimientos: Inundaciones:

Caida de ceniza Volcanica: Incendios: Otros:

Año en el que el que ocurrió el evento:

3. ¿Qué tipo de evento considera ud que esta expuesto el sector

Sismos: Deslizamientos: Hundimientos: Inundaciones:

Caida de ceniza Volcanica: Incendios: Otros:

Año en el que el que ocurrió el evento:

4. ¿Durante el tiempo que habita en el sector, ha sido afectado por deslizamientos.?

Si: No: NR/NS

4.1. ¿Si la respuesta es positiva en que año ocurrió?:

4.2. ¿Que afectación ocasionó el deslizamiento?:

Afectación a Edificaciones Afectación a la Infraestructura vial Afectación a la economía del sector

5. ¿Conoce Ud.Cuál de las siguientes formas de organización existen en su sector?

Comité Barrial: Si No

Comité de gestion de Riesgos Comunitario: Si No

Otros: ¿Indique Cual?

VULNERABILIDAD ECONÓMICA

6. ¿Tipo de actividad economica del jefe de familia?

Empleado Publico: Empleado privado: Agricultor: Comerciante:

Artesano: Jornalero: Otros:

7. ¿Nivel de dependencia de los integrantes de la familia?

Menores de 15 años:	Hombres:	<input type="text"/>	Mujeres:	<input type="text"/>
Entre 15 y 65 años:	Hombres:	<input type="text"/>	Mujeres:	<input type="text"/>
mayores de 65	Hombres:	<input type="text"/>	Mujeres:	<input type="text"/>
Personas con discapacidad	Hombres:	<input type="text"/>	Mujeres:	<input type="text"/>

8. ¿Disponibilidad de servicios básicos:

Tipo de servicio	Si	No	Estado		
			Bueno	Regular	Malo
Agua potable					
Alcantarillado					
Luz eléctrica					
Teléfono					
Internet					

VULNERABILIDAD FÍSICA DE EDIFICACIONES

CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES

SISTEMA ESTRUCTURAL:	TIPO DE MATERIAL EN PAREDE	NUMERO DE PISOS:
Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 piso
Estructura metálica	Pared de bloque	2 pisos
Estructura de madera	Pared de piedra	3 pisos
Estructura de caña	Pared de adobe	4 pisos
Estructura de pared portante	Pared de tapia-bahareque madera	5 pisos o mas
Mixta madera Hormigón		
Mixta metálica hormigón		

AÑO DE CONSTRUCCIÓN:	ESTADO DE CONSERVACIÓN:	CARACTERÍSTICAS DE SUELO BAJO LA EDIFICACIÓN:	TOPOGRAFÍA DE SITIO:
Antes de 1970	Bueno	Firme, seco	A nivel, del terreno
Entre 1971 y 1980	Aceptable	Imundable	Bajo el nivel del terreno
Entre 1981 y 1990	Regular	Ciénega	Sobre el nivel calzada
Entre 1991 y 2010	Malo	Humeo, blando, relleno	Escape positivo o negativo

Fuente: Ficha para Diagnostico socio territorial, 2017. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 2: FICHA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS**



PROYECTO: Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.

OBJETIVO: Establecer el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.

INSTRUCTIVO: La Universidad Estatal de Bolívar se encuentra realizando el presente proyecto de investigación "Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017." razón por la cual solicitamos su colaboración contestándonos las preguntas que a continuación se presentan.

FICHA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE INFRAESTRUCTURA VIAL

CODIGO DE VIA /Km	INDICADORES												
	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN				ESTADO ACTUAL			MANTENIMIENTO			ESTANDARES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN		
	Asfalto, hormigón	Adoquinado	Lastrado	Tierra	Bueno	Regular	Malo	Planificado	Esporádico	Ninguna	Aplica normas del MTOP 2002	Versión anterior a 2002	No aplica normas
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													

OBSERVACIONES:

Fuente: Evaluación de vulnerabilidad de infraestructura vial, 2017. *Elaborado por:* Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 3: FICHA DE VERIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

	UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR				
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO					
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS					
PROYECTO: Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.					
OBJETIVO: Establecer el nivel de Vulnerabilidad de edificaciones e infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017.					
INSTRUCTIVO: La Universidad Estatal de Bolívar se encuentra realizando el presente proyecto de investigación "Evaluación de vulnerabilidad de edificaciones y la infraestructura vial ante la susceptibilidad de movimientos en masa, en la vía Guaranda-Chimbo en etapa invernal durante el periodo 2017." razón por la cual solicitamos su colaboración contestándonos las preguntas que a continuación se presentan.					
FICHA DE VERIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA					
UBICACIÓN					
PROVINCIA	<input type="text"/>	COORD. X:	<input type="text"/>		
CANTÓN	<input type="text"/>	LOCALIZACIÓN:	COORD. Y	<input type="text"/>	
PARROQUIA	<input type="text"/>		ALTITUD:	<input type="text"/>	
SECTOR	<input type="text"/>				
CARACTERÍSTICAS DE MOVIMIENTO EXISTENTE					
TIPO DE MOVIMIENTO:		ESTADO:	MAGNITUD:		
Deslizamiento	<input type="text"/>	Activo	<input type="text"/>	Grande	<input type="text"/>
Caida	<input type="text"/>	Latente	<input type="text"/>	Medio	<input type="text"/>
Flujo	<input type="text"/>	Estabilizado	<input type="text"/>	Pequeño	<input type="text"/>
Reptación	<input type="text"/>				
CONTROL:					
¿Existe medidas de control?	SI	<input type="text"/>	NO	<input type="text"/>	
Observaciones:					
<hr/> <hr/> <hr/>					
GEOMORFOLOGÍA					
PENDIENTE		USO DE SUELO		UNIDAD GEOMORFOLOGICA	
Plana	0 a 2 %	<input type="text"/>	Cultivos de maiz	<input type="text"/>	
Muy suave	2 a 5 %	<input type="text"/>	Cultivo de maiz con paños cultivados		
Suave	5 a 12 %	<input type="text"/>	Bonque plantado(en ladera de colinas)		
Medio	12 a 25 %	<input type="text"/>	Bonque plantado con cultivos de maiz		
Medio a fuerte	25 a 40 %	<input type="text"/>	Bonque intervenido		
Fuerte	40 a 70 %	<input type="text"/>	Paños naturales o plantados		
Muy fuerte	70 a 100 %	<input type="text"/>	Sedo desnudo		
Escarpada	> a 100%	<input type="text"/>	Areas Urbanas		
CAUSAS DE MM		DETONANTE DE MM		DAÑOS	
Pendientes Fuertes	<input type="text"/>	Sismo	<input type="text"/>	Centros poblados	<input type="text"/>
Composición del depósito superficial	<input type="text"/>	Lluvias	<input type="text"/>	Líneas de conducción	<input type="text"/>
Material no consolidado	<input type="text"/>	Errosion/ocavación del pie de talud	<input type="text"/>	Vías de comunicación	<input type="text"/>
Deforestación o ausencia de vegetación	<input type="text"/>	Actividades antropicas	<input type="text"/>	ambientales	<input type="text"/>
Contraste de permeabilidad de material	<input type="text"/>			Actividad economica	<input type="text"/>
OBSEVACIONES					
<hr/> <hr/> <hr/>					

Fuente: Modelo de ficha de verificación de movimientos en masa, 2017. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 4: TABULACIÓN DE DATOS VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

Identificado de casa	X	Y	Sistema estructural	Material de paredes	Numero de pisos	Año de construcción	Estado de conservación	Características bajo el suelo	Topografía del sitio	SISTEMA ESTRUCTURAL (1)	TIPO DE MATERIAL EN PAREDES (2)	NÚMERO DE PISOS (5)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN (6)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (7)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BAJO LA EDIFICACIÓN (8)	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (10)	SISTEMA ESTRUCTURAL (1)	TIPO DE MATERIAL EN PAREDES (2)	NÚMERO DE PISOS (5)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN (6)	ESTADO DE CONSERVACIÓN (7)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO BAJO LA EDIFICACIÓN (8)	TOPOGRAFÍA DEL SITIO (10)	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE VULNERABILIDAD								
1	721661.95	9821349.26	Estructura de madera	pared de tapial-bahar	2 pisos	Antes de 1970	regular	Firme, seco	A nivel de terreno	10	10	5	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	38	Medio							
2	721660.61	9821332.1	Mixta madera Hormigon	Pared de ladrillo	1 piso	Entre 1981 y 1990	regular	Firme, seco	Bajo el nivel del terreno	10	10	10	1	5	1	10	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	1	4	2	40	71	Alto	
3	721650.29	9821328.23	Estructura de madera	Pared de Bloque	1 Piso	Entre 1971 y 1980	Regular	Firme, Seco	Bajo nivel calzada	10	10	10	5	5	1	10	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	4	4	2	40	74	Alto	
4	721622.34	9821329.16	Mixta madera-hormigón	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1971 y 1980	Regular	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	4	4	2	4	34	Medio	
5	721609.57	9821315.21	Hormigón armado	Pared de ladrillo	2 Pisos	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	1	1	2	4	20	Bajo
6	721641.26	9821315.13	Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	Bajo nivel calzada	5	5	10	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	8	1	1	2	40	60	Medio
7	721600.56	9821306.69	Hormigón armado	Pared de ladrillo	2 Pisos	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	1	1	2	4	20	Bajo
8	721594.24	9821296.24	Mixta madera-hormigón	Pared de ladrillo	2 Pisos	Entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	4	4	1	1	2	4	24	Bajo
9	721588.17	9821285.37	Mixta madera-hormigón	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	10	5	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	4	8	1	1	2	4	28	Bajo
10	721575.6	9821269.98	Estructura de madera	Pared de adobe	2 Pisos	Entre 1981 y 1990	Malo	Firme, Seco	Sobre nivel calzada	10	10	5	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	4	1	8	2	4	35	Medio
11	721583.76	9821251.33	Hormigón armado	Pared de ladrillo	3 Pisos	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	Sobre nivel calzada	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	1	1	1	2	4	16	Bajo
12	721579.17	9821235.17	Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1971 y 1980	Bueno	Firme, Seco	Sobre nivel calzada	5	5	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	8	4	1	2	4	27	Bajo
13	721553.03	9821237.08	Hormigón armado	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	5	5	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	8	1	1	2	4	24	Bajo
14	721548.33	9821220.34	Mixta madera-hormigón	Pared de ladrillo	2 Pisos	Entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	10	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	4	4	1	1	2	4	24	Bajo
15	721570.61	9821220.63	Hormigón armado	Pared de ladrillo	2 Pisos	Entre 1991 y 2010	Bueno	Firme, Seco	Sobre nivel calzada	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	1	1	2	4	20	Bajo
16	721630.92	9821203.69	Estructura de madera	Pared de adobe	1 Piso	Antes de 1970	Regular	Firme, Seco	A nivel, terreno plano	10	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	8	8	4	2	4	42	Medio
17	721691.87	9821295.94	Estructura de madera	Pared de adobe	1 Piso	Entre 1971 y 1980	Regular	Húmedo-blando	Bajo nivel calzada	10	10	10	5	5	5	10	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	8	4	4	10	40	82	Alto
18	721863	9821383.22	Estructura de madera	Pared de ladrillo	1 Piso	Entre 1981 y 1990	Bueno	Firme, Seco	Sobre nivel calzada	10	5	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8	4	8	1	1	2	4	28	Bajo
19	721913.15	9821387.14	Estructura de madera	Pared de adobe	2 Pisos	Antes de 1970	Regular	Firme, Seco	Bajo nivel calzada	10	10	5	10	5	1	10	1	1	1	1	1	1	2	4	8	8	4	8	4	2	40	74	Alto

Fuente: Base de Datos de encuestas realizada a los jefes de familia sobre edificaciones, 2017. **Elaborado por:** Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 5: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LA POBLACIÓN

Levantamiento de información Sector Las Palmas



Levantamiento de información sector Las Palmas



Levantamiento de información sector Curgua



Levantamiento de información sector El tejar



Levantamiento de información sector El Tejar



Levantamiento de información sector El Tejar



Levantamiento de información sector La Batea



Levantamiento de información sector Llacan



Fuente: Barragán e Hinojoza, 2017

ANEXO 6: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA GUARANDA-CHIMBO.

Deslizamiento sector Las Palmas



Deslizamiento sector “Gasolinera Laurita”



Deslizamiento sector Curgua



Deslizamiento sector Llacan



Deslizamientos sector Night club Las Lomas (Mayo,2017)



Deslizamiento en la Y Via a la parroquia Santiago



Fuente: Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 7: ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

ANEXO 7.1: Presupuesto

Presupuesto				
ITEM	Cantidad	Gastos Por Mes		
		1.00	2.00	3.00
RECURSOS MATERIALES				
Resma de Hojas de Papel	3		5.00	10.00
Caja de lápiz	1		3.00	
Sujeta papeles	2		4.00	
Tableros de madera	2 (Unidades)		6.00	3.00
Fichas de campo	10(Unidades)		3.00	
Encuestas	300 (Unidades)		9.00	
SUBTOTAL			30.00	13.00
RECURSOS EQUIPOS				
GPS Garmin	1	164.00		
Flash	2	30.00		
Memoria externa	1	150.00		
Impresora	1		200.00	
Cámara fotográfica	1		140.00	
SUBTOTAL		344.00	340.00	
COSTOS INDIRECTOS				
Movilidad		20.00	20.00	20.00
Alimentación		30.00	30.00	30.00
Gastos varios		20.00	20.00	20.00
SUBTOTAL		70.00	70.00	70.00
COSTOS TOTALES		414.00	440.00	83.00

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.

ANEXO 7.2: Cronograma

FASES	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración	Meses														
				Mayo			Junio			Julio			Agosto					
FASE 1: DATOS PREVIOS	17/04/17	24/05/17	28	■	■	■	■	■	■	■								
Presentación y aprobación del proyecto	17/04/17	05/05/17	15	■	■	■												
Reconocimiento el área de estudio	08/05/17	12/05/17	5			■												
Revisión Teórica, investigación relacionadas con el tema	15/05/17	19/05/17	5			■												
Tutela con el director del proyecto	22/05/17	24/05/17	3				■											
FASE 2: TRABAJO DE CAMPO	25/05/17	14/06/17	15				■	■	■									
Elaboración instrumentos de recolección de datos	25/05/17	31/06/17	5				■											
Aplicación de instrumentos de recolección de información	01/06/17	08/06/17	6					■										
Tutela con el director del proyecto	09/06/17	14/06/17	4						■									
FASE 3: ELABORACION Y SISTEMATIZACIÓN	15/06/17	05/07/17	15						■	■	■	■	■					
Procesamiento de datos	15/06/17	19/06/17	3						■									
Análisis de la información recolectada	20/06/17	22/06/17	3							■								
Interpretación y conceptualización de la información recogida	23/06/17	29/06/17	5								■							
Tutela con el director	30/06/17	05/07/17	4									■						
FASE 4: PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO FINAL	06/07/17	09/08/17	25											■	■	■	■	■
Elaboración del documento final	06/07/17	12/07/17	5											■				
Presentación al director del proyecto el documento final para sus respectivas correcciones	13/07/17	19/07/17	5												■			
Correcciones del documento sugeridas por el director del proyecto	20/07/17	02/08/17	10													■		
Presentación del documento final	03/07/17	09/08/17	5															■

Elaborado por: Barragán e Hinojoza, 2017.