



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

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y
GESTIÓN DEL RIESGO**

**Proyecto “Identificación de la reactivación del Macro Deslizamiento del
Cerro Susanga”**

**TEMA:
ESTUDIO DE FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD (TOPOGRAFICO,
GEOLOGICO, HIDROLOGICO, GEOMORFOLOGICO,
DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO) DE LA QUEBRADA
SITUADA AL FLANCO SUROESTE DEL CERRO SUSANGA, ANTE
LA POSIBLE REACTIVACIÓN DEL MACRODESLIZAMIENTO,
DURANTE EL PERIODO DE NOVIEMBRE DEL 2012.**

AUTOR: ERNESTO MONGOMERY NARANJO GARCÉS

DIRECTOR DE TESIS: DR. ENRIQUE ACOSTA ARIAS

**Guaranda – Ecuador
2012**

DEDICATORIA.

La presente investigación dedico con respeto y amor primeramente a mi Dios, por concederme salud y un minuto más de vida cada día, de manera especial a mis padres, hermanos y a un ser tan hermoso como es mi hija ANTONELLA, la luz de mis ojos, quienes con todo esfuerzo y sacrificio me han apoyado siempre, y a todos quienes hicieron posible que llegase con éxito a la culminación de ésta investigación.

A la Universidad Estatal de Bolívar, a la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Que me brindo la oportunidad de formarme en su seno, y que cuando tuve que engrandecerla y defenderla así lo hice.

MONGOMERY

AGRADECIMIENTO.

Al ser supremo que nunca nos abandona “DIOS” y que siempre está en cada paso que doy.

A mi madre MARTHA ISABEL, que nunca me desamparó y que siempre me protegió.

A mis hermanos y familiares que me consideran y siempre han arrimado el hombro para verme triunfador.

Al Dr. Enrique Acosta Arias, por haberme brindado de antemano la confianza como ser humano y ser el Director de tesis quien apoyo a la construcción de este trabajo con su perseverancia y carisma de amigo, me ilustro hacia nuevas estrategias y principios innovadores, para llegar al feliz término en esta carrera la cual estará al servicio de la humanidad.

A la Ing. Eva Gavilanes B, quien con su bondad y don de gente supo encaminar este proceso de culminación de carrera, con esmero, empuje y entusiasmo.

A todos los Docentes, que de alguna forma se involucraron en este tema innovador y nuevo, para el alcance de nuestra meta.

A mis compañeros del Proyecto, con quienes disfrutamos sinsabores y alegrías, un honor ser parte del Grupo les llevare en el corazón siempre.

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Enrique Acosta

CERTIFICA:

Que el informe final de la tesis de grado: **ESTUDIO DE FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD (TOPOGRAFICO, GEOLOGICO, HIDROLOGICO, GEOMORFOLOGICO, DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO) DE LA QUEBRADA SITUADA AL FLANCO SUROESTE DEL CERRO SUSANGA, ANTE LA POSIBLE REACTIVACIÓN DEL MACRODESLIZAMIENTO, DURANTE EL PERIODO DE NOVIEMBRE DEL 2011 A AGOSTO DEL 2012.** Elaborado por Ernesto Montgomery Naranjo Garcés, egresado de la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, Escuela de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo, ha sido debidamente revisada e incorporadas las recomendaciones emitidas; en tal virtud autorizo la presentación para su aprobación y defensa respectiva.

Facúltese a la interesada dar al presente documento el uso legal que estime conveniente.

Guaranda, 14 de junio del 2013

Atentamente,

DR ENRIQUE ACOSTA ARIAS

DIRECTOR DE TESIS.

AUTORIA NOTARIZADA.

ERNESTO MONGOMERY NARANJO GARCÉS

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	4
AUTORIA NOTARIZADA	5
TEMA:	13
JUSTIFICACIÓN:	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
OBJETIVOS:	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
HIPOTESIS	16
OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	17
CAPITULO I	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1 MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	19
Hidrología.....	21
Mitigación.-	22
Peligrosidad	22
Pendiente.-	22
Poligonal.....	22
Riesgo.	22
Susceptibilidad (a deslizamientos).- Predisposición del terreno a sufrir un deslizamiento en función de sus condiciones geológicas, topográficas y de humedad propia (Mora y Vahrson, 1984).	23
Topografía	23
Vulnerabilidad.....	23
1.2 ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	24
Los movimientos en masa constituyen uno de los riesgos ambientales espontáneos o inducidos por la acción humana, más frecuentes y con mayor distribución geográfica, presentándose en áreas muy diversas, en lapsos de tiempo muy diferentes y de impactos variables. Las zonas montañosas tropicales, presentan una gran susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, debido a que ellas reúnen varios elementos claves para su desencadenamiento (Ayala et al., 2007).....	24
En el estudio de los movimientos en masa, es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de las laderas y aquellos otros que lo desencadenan (AYALA ET AL; 1987; GONZALES DE VALLEJO ET AL 2002; PHILIPS, 2005).	24
1.3 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	26
Cuadro 2. Descripción de factores condicionantes y desencadenantes	32
LITOLÓGICOS	32
HIDROLÓGICOS	32
Cuadro 3.- Factores condicionantes y desencadenantes	33
1.4 MOVIMIENTOS EN MASA.....	33
Cuadro 4. Tipos de movimientos y mecanismos de deslizamiento	34

Desprendimientos, Caídas.....	35
Vuelcos.....	35
Deslizamientos	35
Deslizamientos Rotacionales.....	36
Deslizamientos Traslacionales.....	36
Deslizamientos en cuña.....	37
Desplazamientos Laterales.....	37
Flujos.....	37
Reptación.....	38
1.5 PARTES DE UN DESLIZAMIENTO	38
1.6 DIMENSIONES DE LOS MOVIMIENTOS	40
1.7 EVALUACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	41
1.7.1 EL MÉTODO DE BRABB	42
1.7.2 EL MÉTODO DE MORA-VAHRSON	43
1.8 TRABAJOS SIMILARES AL TEMA	45
1.9 CONTEXTO GENERAL DEL CANTÓN SAN JOSÉ DE CHIMBO.....	47
ORIGEN DE SU NOMBRE	47
EL CORREGIMIENTO DE CHIMBO Y SU IMPORTANCIA	48
CAPITULO II	50
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO	50
DESCRIPTIVO.....	50
ANALÍTICO.....	50
TRANSVERSAL.....	50
FACTOR TOPOGRÁFICO	50
2.2 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS	51
Levantamiento topográfico.....	51
Se realizó el levantamiento topográfico integral de las áreas de estudio, comprendiendo la totalidad de las superficies en problema, la franja de estos estudios es variable pero sobre pasa los 1200 metros de anchura a cada lado del eje de la vía principal, tomado como referencia para los hitos colocados y que estos fueron georeferenciados.....	51
Foto 1. Levantamiento topográfico en el sector de la Sub Jefatura de Transito.....	51
Curvas de Nivel.....	51
Levantamiento de la poligonal (vía asfaltada).....	52
FACTOR GEOLÓGICO	52
FACTOR HIDROLÓGICO. De fundamental importancia, el agua se reconoce como factor importante en la estabilidad de las pendientes, casi tan importante como la gravedad, ya que gran parte de los deslizamientos que se presentan dentro de esta unidad geomorfológica están íntimamente relacionados con la infiltración y recarga del agua.....	52
Cuadro 5.- Medición Caudal	54
2.3 HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO	56
2.4 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA INVESTIGACIÓN.....	58
2.5 DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO DEL SECTOR LA CANTERA, DIVINO NIÑO, SAN FRANCISCO	58
UNIVERSO Y MUESTRA.....	58
CAPITULO III	59
3.1 ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.....	59

3.2.- UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DEL CERRO SUSANGA	59
3.2.1.- Localización.....	59
Figura 1.- Localización de la zona de estudio.	59
Figura 2.- Climas de Ecuador y zona de estudio. Modificada de INAMHI (www.inamhi.gob.ec)	60
Figura 3.- Mapas de precipitación (izquierda) y temperatura (derecha) media de Ecuador y zona de estudio. Modificadas de INAMHI (www.inamhi.gob.ec).....	60
3.2.2.- Topografía	60
3.2.3.- Geología	61
Figura 4.- Esquema geomorfológico y geológico de Ecuador, y localización de la zona de estudio (Modificada de Baldock, 1982).	61
Foto 2. Roca dacítica.....	62
Figura 5.- Mapa geológico de Ecuador y zona de estudio (Modificada de Dirección General de Geología y Minas, 1982).	62
3.2.4.-Geomorfología	63
Foto 3.- Imagen de la falla inversa de Yanayacu al norte de San José de Chimbo.....	63
Figura 6.- Distintas perspectivas aéreas del cerro Susanga. Su morfología general y altitud están condicionadas por la presencia de fallas inversas oblicuas entre sí, fallas normales y grandes deslizamientos.	64
Figura 7- Cortes geológicos del cerro Susana.	66
3.2.5.- Sismicidad	67
Figura 8.- Izquierda: Mapa de intensidad sísmica máxima de Ecuador (Modificada de Singaicho, 2009). Derecha: Superposición de las fallas regionales (Baldock, 1982) al mapa de intensidad sísmica.....	67
10: Sismicidad y fuentes sismogénicas intermedias (33 - 80 km). Cuadro verde zona de estudio.	69
3.2.6 Usos del suelo	71
Figura 12.- Arriba: Mapa de suelos de Ecuador (Sociedad Ecuatoriana de Ciencias del Suelo, 1986) y zona de estudio	72
Cuadro 6.- Descriptivo de los suelos del cerro Susanga.	72
3.3.- FLANCO SUROESTE DEL CERRO SUSANGA	73
3.3.1.- Localización.....	73
3.3.2.- Topografía	73
3.3.3.- Geología	73
Foto 4: Roca dacítica.....	74
3.3.4.- Geomorfología	74
Foto 6.- Cicatrices de deslizamientos en la parte norte de la zona de estudio, cerca de la divisoria.....	75
Foto 7.- Ejemplos de cicatrices de deslizamientos menores en la mitad sur de la zona de estudio, terminando con un gran deslizamiento al pie de la zona de estudio.	76
Foto 8.- Arroyo principal de la zona de estudio. A: Medida de caudal en el afloramiento de agua. B: Cascada en la parte baja de la quebrada. C: Confluencia con el río Yanayacu a través de pequeño embaulado. D: Aforo del río Yanayacu. E: Entrada del río Yanayacu al embaulado que discurre bajo la población de San José de Chimbo.	78
Foto 9.- Imágenes de erosión hídrica en la parte baja de la zona de estudio.	78
3.3.5.- Sismicidad	78

Cuadro 7.- Cronología de los terremotos que afectaron a Chimbo	80
3.3.6.- Usos del suelo	80
3.3.7.- Riesgos.....	81
3.3.8.- Análisis de susceptibilidad a los deslizamientos	82
Cuadro 8.- Codificación Pendiente.- Fuente CLIRSEN	83
Fuente CLIRSEN.....	83
Cuadro 9.- Codificación Vertiente.-	83
Fuente CLIRSEN.....	83
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013.....	86
Foto 11: Evidencia de un gran deslizamiento	92
3.3.9.- Desarrollo social y económico de San José de Chimbo	93
3.4 ENCUESTAS	97
3.5 COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS	112
3.6 CONCLUSIONES.....	114
3.7 RECOMENDACIONES	115
CAPITULO IV	116
PROPUESTA.....	116
TEMA:	116
ESTRATEGIAS DE REDUCCION DE RIESGOS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA (DESLIZAMIENTOS)	116
Figura 12 Flanco Suroeste del cerro Susanga y delimitación de los dos deslizamientos que ponen en riesgo elementos antrópicos.....	117
Foto 12.- A: Estado actual de la cicatriz del deslizamiento. B: Masa deslizada poco después del desastre. C: Posible técnica de remediación mediante muro de rocas. D: Ejemplo de deslizamiento estabilizado con esta técnica.	118
4.1.- FACTOR DE SEGURIDAD	118
4.2.- METODOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN.....	120
4.3.- PREVENCIÓN	120
4.4.- RESTRICCIONES AL DESARROLLO.	122
4.5.- REGULACIONES AL USO DE LA TIERRA.....	122
4.6.- MEDIDAS DE AVISO Y ALARMA	122
4.7.- Elaboración de mapas de amenaza.....	123
4.7.- Regulaciones en el manejo de aguas	124
4.8.- DRENAJE Y SUBDRENAJE.....	124
Figura 14.- Sistemas de drenaje y subdrenaje.	125
4.9.- La Bioingeniería y la Vegetación	125
Figura 1.5.- Vigas de concreto armado como confinamiento de la vegetación.....	125
5.- BIBLIOGRAFIA	126

Cuadro 1. Variables.....	17
Cuadro 2. Descripción de factores condicionantes y desencadenantes	32
Cuadro 3.- Factores condicionantes y desencadenantes	33
Cuadro 4. Tipos de movimientos y mecanismos de deslizamiento	34
Cuadro 5.- Medición Caudal	54
Cuadro 6.- Descriptivo de los suelos del cerro Susanga	72
Cuadro 7.- Cronología de los terremotos que afectaron a Chimbo	80
Cuadro 8.- Codificación Pendiente.- Fuente CLIRSEN	83
Cuadro 9.- Codificación Vertiente.-	83

Foto 1. Levantamiento topográfico en el sector de la Sub Jefatura de Transito.....	51
Foto 2. Roca dacítica.....	62
Foto 3.- Imagen de la falla inversa de Yanayacu al norte de San José de Chimbo.....	63
Foto 4: Roca dacítica.....	74
74Foto 6.- Cicatrices de deslizamientos en la parte norte de la zona de estudio.....	75
Foto 7.- Ejemplos de cicatrices de deslizamientos	76
Foto 8.- Arroyo principal de la zona de estudio.	78
Foto 9.- Imágenes de erosión hídrica en la parte baja de la zona de estudio.	78
Foto 11: Evidencia de un gran deslizamiento	92
Foto 12.- A: Estado actual de la cicatriz del deslizamiento.	118

TEMA:

ESTUDIO DE FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD (TOPOGRAFICO, GEOLOGICO, HIDROLOGICO, GEOMORFOLOGICO, DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO) DE LA QUEBRADA SITUADA AL FLANCO SUROESTE DEL CERRO SUSANGA, ANTE LA POSIBLE REACTIVACIÓN DEL MACRODESLIZAMIENTO, DURANTE EL PERIODO DE NOVIEMBRE DEL 2011 A AGOSTO DEL 2012.

JUSTIFICACIÓN:

Por la irregularidad de la topografía de nuestro territorio Ecuatoriano se puede denotar la presencia de desastres naturales, las cuales en un número considerable se han producido en los siglos XVI y XX, pero los que se analiza son los producidos en el silo XX quienes causaron mayores pérdidas humanas y materiales, con una pérdida de vidas humanas que superan los 14 000 mientras que las económicas exceden los 2 800 millones de dólares.

Según lo que demanda nuestra la constitución del Estado, aprobada en el 2008 con sus nuevas políticas de Estado en Gestión del Riesgo (Art. 389 - 390), se hace necesario identificar y localizar las amenazas geológicas en el territorio ecuatoriano, especialmente en las zonas cercanas a asentamientos humanos.

San José de Chimbo ha experimentado desastres geológicos a lo largo de su historia relacionada con el cerro Susanga. En el documento Historia, Cuento y Leyenda de la Ciudad de Benalcázar (1535 -1965), se describen las hecatombes que sepultaron a San José de Chimbo, tras dos movimientos sísmicos, uno del 29 de agosto de 1674 y otro del año de 1775. La primera sepultó a la floreciente ciudad colonial de San José de Chimbo y la segunda ocasionó el desprendimiento del Cerro Susanga, también hundió lo que hoy es la plaza Juan Montalvo y el Parque Benalcázar. En el desprendimiento y asentamiento de la parte austral de la enorme mole del Cerro Susanga, a cuya base se extendía Chimbo colonial y ocupada en la actualidad por San José de Chimbo.

Por este motivo, se hace necesario realizar un trabajo de investigación para analizar los procesos geológicos que actuaron y actúan en la zona del cerro Susanga, y que podrían generar en el futuro un nuevo desastre.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Podrían el estudio de los factores de susceptibilidad (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico) determinar a una posible reactivación del macro deslizamiento de la quebrada situada en el flanco suroeste, afectando a las poblaciones e infraestructuras situadas alrededor del cerro Susanga?

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar los factores de susceptibilidad (Topográfica, Geológica, Hidrológica, Geomorfológica, Desarrollo Social y Económico) de la quebrada situada en el flanco Suroeste del Cerro Susanga, a fin de interrelacionar estas variables y determinar la posible reactivación de macrodeslizamiento del Cerro Susanga.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los factores de susceptibilidad (Topográfico, Geológico, Hidrológico, Geomorfológico, desarrollo social y económico), a fin de caracterizarlos, categorizarlos, mediante un levantamiento de información en terreno que nos permita un diagnóstico de los problemas más álgidos de la amenazas.
- Realizar el diagnóstico de los elementos expuestos, tanto sociales como económicos en el área de estudio, a fin de determinar el grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un posible macrodeslizamiento.
- Proponer estrategias de prevención, corrección, mitigación que precautele, tanto la vida de los pobladores, así como las inversiones existentes tanto públicas como privadas, ante la posible reactivación del macro deslizamiento del Cerro Susanga en su área de influencia.

HIPOTESIS

- El estudio de los factores de susceptibilidad (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico) de la quebrada situada al Suroeste del Cerro Susanga, permiten conocer los parámetros básicos que inducen a un macrodeslizamiento.

VARIABLES:

❖ Variable independiente

Factores de susceptibilidad (Topográfico, Geológico, Hidrológico, Geomorfológico, Desarrollo Social y Económico)

❖ Variable dependiente

Macrodeslizamiento del Flanco Suroeste, Cerro Susanga.

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

En el cuadro siguiente se describen las variables, sus dimensiones e indicadores derivadas de la hipótesis planteada.

Cuadro 1. Variables

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Factores de susceptibilidad	Topografía	<ul style="list-style-type: none"> - Pendientes - Perfiles - Altitud 	Trabajo de campo, gabinete
	Geología,	<ul style="list-style-type: none"> - Litología, Estratigrafía - Sistema de fallas y fracturas. - Modelo estructural 	Trabajo de campo, gabinete
	Hidrología,	<ul style="list-style-type: none"> - Caudales - Nivel de precipitaciones - Longitud, ancho y profundidad e los cauces. 	Trabajo de campo, (aforamientos), gabinete Datos estación meteorológica 3 de Marzo
	Geomorfología	<ul style="list-style-type: none"> - Patrones de drenaje, - Tipos de erosión, grietas, escarpas, afloramientos de agua, - Cambios en la cobertura vegetal - Factores Bióticos - Pluviosidad 	Trabajo de campo, gabinete Datos estación meteorológica 3 de Marzo Consulta a expertos
	Desarrollo social, económico.	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamientos humanos, grupos vulnerables - Actividades económicas - Infraestructura pública y privada - Uso de suelo 	Encuesta percepción del riesgo 2012 PDOT, 2011, cantón San José de Chimbo

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Reactivación macro deslizamiento	Escenario teórico	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización de los deslizamientos - Tipos, movimientos, mecanismos de rotura, evaluación de la extensión. 	Estudio de factores condicionantes y desencadenantes
	Medidas de mitigación	<ul style="list-style-type: none"> - Obras físicas de mitigación 	Revisión, análisis y selección métodos de manejo y estabilización

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

A continuación nos detendremos a revisar los conceptos más relevantes que serán utilizados en el desarrollo de la presente tesis.

Amenaza.- La amenaza es una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de éstos, el volumen o áreas de los movimientos, las profundidades, las velocidades y su probabilidad de ocurrencia. La amenaza es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento particular en un determinado tiempo. (SUAREZ, 2009 pág. 528)

Curvas de nivel.- Se denomina curvas de nivel a las líneas que marcadas sobre el terreno desarrollan una trayectoria que horizontal. Por lo tanto podemos definir que una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el terreno. En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia.

Diaclasa. Fractura o juntura que aparece en el cuerpo de una roca ocasionalmente producida por los esfuerzos tectónicos, presentado direcciones definidas a las cuales se les denomina sistemas de diaclasas. Las diaclasas tienen especial importancia en el modelado terrestre dado que facilita la erosión. El diaclasamiento está controlado por la estructura geológica y por las deformaciones tectónicas.

Drenaje. Es el diseño o trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje. Al conjunto de estos diseños o trazos se les denominan "patrones de drenaje". El análisis y estudio de los patrones de drenaje ayuda a la determinación de la naturaleza, estructura y textura de las rocas, así como la tectónica de la región (fallas, pliegues, etc.).

Los principales tipos de drenaje son: dendrítico de pendiente pronunciada y de pendiente suave, paralelo, anular, rectangular, enrejado, radial (centrífugo y centrípeto), anastomosado, irregular, sobreimpuesto, etc.

Falla. Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.

Falla dextral.- Falla en la que el bloque techo se ha desplazado a la derecha.

Falla horizontal.- Falla en la que el desplazamiento se produce a través de un plano horizontal. En algunos casos el bloque superior se desplaza por varias decenas de kilómetros.

Falla inversa.- Es cuando el piso baja con respecto al techo o el techo sube con respecto al piso, o ambos bloques se desplazan en el sentido indicado. Las fallas inversas, generalmente son producto de los esfuerzos de compresión.

Falla normal o directa.- Es cuando el techo baja con respecto al piso o el piso sube con respecto al techo, o ambos se desplazan en el sentido indicado. Las fallas normales son, generalmente producto de los esfuerzos de tensión.

Fallas activas.- son aquellas que han presentado evidencia de movimiento en el pasado geológico reciente (cuaternario) y que es capaz de generar terremotos en el futuro próximo

Grieta.- Una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales. En Geología se pueden distinguir dos tipos comunes de grietas: las grietas de contracción y las grietas en cuña.

Geología.- Ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin de la ingeniería geología es asegurar que los factores geológicos condicionantes de las obras de ingeniería sean sentidos en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos.

Geomorfología. La geomorfología estudia las formas y los relieves del terreno y sus procesos formadores. Resultado de las interacciones de fuerzas endógenas o procesos tectónicos de creación de volúmenes montañosos y fuerzas exógenas o procesos erosivos de destrucción y modelados de relieves. Posee un gran interés científico y gran importancia ya que estudia el papel de la corteza terrestre y su influencia sobre los asentamientos y actividades humanas.

Hidrología. La Hidrología se define como la ciencia que estudia la disponibilidad y la distribución del agua sobre la tierra. En la actualidad la Hidrología tiene un papel muy importante en el Planeamiento del uso de los Recursos Hidráulicos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos y recreación.

Humedal.- Los humedales son ecosistemas dinámicos, están sujetos a una amplia gama de factores naturales que determinan su modificación en el tiempo. La intervención humana actúa sobre la dinámica de estos sistemas y su efecto depende de la magnitud, intensidad.

Incisión Fluvial.- La incisión fluvial tiene lugar en las zonas donde hay suficiente área de drenaje (es decir, suficiente escorrentía) y se forma un canal fluvial capaz de arrastrar grava y rocas. Al incidir en la roca, el canal genera una mayor pendiente con respecto a la parte inmediatamente superior de la cuenca de captación, lo cual favorece la propagación de la incisión río arriba.”

Litología.- La litología es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas.

Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material.

Licuefacción.- La licuefacción de suelo describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado.

Mitigación.- Consiste en moderar o disminuir las pérdidas y daños mediante el control del proceso (en los casos que sea posible) y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad.

Peligrosidad.- La peligrosidad según se ha definido puede expresarse como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de determinada intensidad en un lapso de tiempo dado, pero también se puede expresar a partir del periodo de retorno.

Pendiente.- Una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente. Los procesos de modelado de las vertientes dependen de la inclinación de éstas y una pendiente límite (de unos 45°, aunque variable según la índole de la roca).

Poligonal. Una poligonal, es una serie de líneas consecutivas, cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. El trazo de una poligonal, que es la operación de establecer las estaciones de la misma y hacer las mediciones necesarias, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar las posiciones relativas de puntos en el terreno.

Riesgo. El riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente. Se mide en vidas humanas, propiedades en riesgo y daños ambientales. El riesgo generalmente, es estimado como el producto de la probabilidad de la amenaza por las consecuencias para los elementos en riesgo. (SUAREZ, 2006, pág. 528)

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Elementos en riesgo}$$

Solifluxión.- Deslizamiento de la capa superior de un terreno embebido de agua que se produce al empaparse una capa inferior de arcilla.

Susceptibilidad (a deslizamientos).- Predisposición del terreno a sufrir un deslizamiento en función de sus condiciones geológicas, topográficas y de humedad propia (Mora y Vahrson, 1984).

Topografía.- Es la ciencia y el arte de representar en un plano los detalles de los paisajes de una determinada área de la superficie terrestre. La topografía es la ciencia del relieve. La topografía se divide en: Topología, topometría (Altimetría y Planimetría) y diseño.

Vulnerabilidad. Es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. (GONZALEZ DE VALLEJO, 2006, pág., 611).

1.2 ESTUDIO DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa constituyen uno de los riesgos ambientales espontáneos o inducidos por la acción humana, más frecuentes y con mayor distribución geográfica, presentándose en áreas muy diversas, en lapsos de tiempo muy diferentes y de impactos variables. Las zonas montañosas tropicales, presentan una gran susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, debido a que ellas reúnen varios elementos claves para su desencadenamiento (Ayala et al., 2007)

En el estudio de los movimientos en masa, es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de las laderas y aquellos otros que lo desencadenan (AYALA ET AL; 1987; GONZALES DE VALLEJO ET AL 2002; PHILIPS, 2005).

La ocurrencia de los deslizamientos es el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas, geomorfológicas y la modificación de éstas por procesos geodinámicos tales como la vegetación, uso de la tierra, actividades humanas, y los antrópicos como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y la sismicidad.

La susceptibilidad, generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno, esta es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir deslizamientos. (SUÁREZ, 2009)

Los factores de susceptibilidad que controlan los movimientos de las laderas son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, (GONZALEZ DE VALLEJO, 2006), estos son;

- **Factores condicionantes** (o pasivos) dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno,
- Mientras que los **Factores desencadenantes** (o activos) pueden ser considerados como factores externos que provocan o desencadenan las inestabilidades y son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos.

Otros factores que se deberían tomar en cuenta en la incidencia de los movimientos en masa son los factores antrópicos o actividad humana.

Las actuaciones humanas ocupan un lugar importante dentro de los factores que modifican las condiciones y fuerzas que actúan sobre las laderas.

La actividad humana se manifiesta palpablemente en las labores agrícolas, **mineras** y en las **obras civiles** (AYALA ET AL; 1987b), las **excavaciones** modifican los perfiles de las laderas en obras lineales, creando inestabilidad, las **voladuras**, dan lugar a vibraciones que pueden actuar como catalizadores de movimientos de masa y, en general disminuyen la estabilidad, las **sobrecargas** son el resultado del incremento de peso, debido a la construcción de terraplenes, que con frecuencia suelen desmoronarse parcialmente. (GUTIÉRREZ, 2008, pág., 261)

El autor PARSON, 1988, (en GUTIÉRREZ, 2008, pág. 262) diferencia tres principales consecuencias de la acción antrópica sobre las laderas:

1. Generación de laderas artificiales.
2. Industrias extractivas, que crean paisajes artificiales.
3. Cambio en el uso del suelo, que incrementan la erosión de los suelos, aumentan la escorrentía y el área de drenaje de la cuenca.

Las acciones antrópicas pueden provocar cambios en las condiciones de estabilidad de las laderas, por ejemplo, durante el transcurso de una obra de ingeniería (embalse, túnel, desmonte, excavación) se pueden modificar la geometría y la pendiente de terreno (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2002), otras causas antrópicas que pueden contribuir en el desencadenamiento de movimientos de ladera son la construcción de embalses y los incendios forestales (HIGHLAND Y BOBROWSKY, 2008).

Otros procesos antrópicos que afectan la estabilidad de los taludes son los siguientes:

- Las excavaciones o cortes que modifican la topografía original del terreno, especialmente, los cortes en el pie de los taludes.
- Las excavaciones subterráneas (túneles), las cuales afectan la estructura y las condiciones de los esfuerzos del suelo que está encima.
- Los rellenos o depósitos de materiales sobre el talud, disposición de residuos.
- La irrigación que facilita la infiltración y los cambios de humedad y la presión de poros.
- La infiltración en los canales o cuerpos de agua.
- Las fugas de agua de las redes de servicios.
- El mantenimiento inadecuado de los sistemas de drenaje y subdrenaje.
- La deforestación que produce cambios hidrológicos y afecta la resistencia del suelo, al eliminar el refuerzo de las raíces.
- Las vibraciones artificiales, tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria, detonaciones de explosivos, etc., las cuales generan fuerzas dinámicas y el deterioro de la estructura de los materiales.
- La disminución repentina del nivel de agua como en el caso del desembalse de una presa. (SUAREZ, 2009, pág., 69)

1.3 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

Los factores condicionantes son aquellos que evolucionan lentamente, como el relieve, la litología en su dimensión resistente, las estructuras tectónicas a las diversas escalas, la hidrogeología (ligada al cambio climático) y el clima, los factores desencadenantes varían con más rapidez, incluso instantáneamente, como sucede en el caso de terremotos. (AYALA, 2002, pág. 382, 384).

1.3.1 FACTORES CONDICIONANTES

Existen ciertos factores que serán condicionantes para la generación de los diferentes tipos de remoción en masa (Hauser, 1993). Los factores condicionantes corresponden a aquéllos que generan una situación potencialmente inestable. Estos corresponden principalmente a la

geomorfología, geología, geotecnia y vegetación, que actúan controlando la susceptibilidad de una zona a generar fenómenos de remoción en masa, donde la susceptibilidad se define como la capacidad o potencialidad de una unidad geológica o geomorfológica de ser afectada por un proceso geológico determinado (Sepúlveda, 1998).

Cada uno de los distintos procesos de remoción en masa tiene origen y comportamientos distintos, por lo cual cada uno podrá ser influenciado por diversos factores de maneras y grados diferentes, así:

Geología

La geología influye en mayor o menor grado en la generación de diversos eventos de remoción en masa. Entre los factores de esta categoría se cuentan el tipo de depósito y el material que lo compone, su densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad; la litología de las rocas, su estructura, alteración y meteorización.

En general, esto aplica a materiales sueltos, donde se incluyen también depósitos de deslizamientos antiguos y/o desprendimientos y laderas que presenten reptación lenta o solifluxión (Hauser, 1993). Por otro lado, en materiales menos permeables, como aquéllos de grano fino, densos, arcillosos y rocosos con escasas fracturas, el escurrimiento de agua superficial es relativamente más rápido debido a su poca capacidad de infiltración y a la menor rugosidad de sus estructuras (Jacoby, 2001).

El parámetro de densidad del suelo es relevante para la determinación de la resistencia al cizalle del material, donde un suelo denso presentará resistencias (máximas) mayores a las alcanzadas por los suelos sueltos (Lambe & Whitman, 1972).

La permeabilidad influye directamente en la distribución del flujo de las aguas subterráneas y superficiales y por ende en la condición de saturación del suelo, donde una saturación del 100% representa la condición más desfavorable para la generación de deslizamientos y flujos.

Para el caso de rocas o caracterización de partículas mayores en un suelo, la litología es un factor que influirá en la resistencia a la meteorización y alteración de la roca. La presencia de minerales secundarios (ceolitas, arcillas, sericita, clorita), característicos de alteraciones hidrotermales, aceleraría los procesos de meteorización, influyendo de manera relevante en factores como la pérdida de resistencia, facilidad para incorporar agua, expansividad, incremento en la porosidad. (Jacoby, 2001).

En la evaluación de peligro de generación de derrumbes o caídas aparece como uno de los más importantes como condicionante, puesto que es el que genera la independencia de bloques susceptibles a ser removidos ya sea por vibraciones sísmicas o, en menor cantidad, por infiltración de agua en las fracturas.

Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos que condicionan eventos de remoción en masa son principalmente la topografía, pendientes de las laderas, cambios fuertes de pendientes de las laderas y la extensión y altura de las laderas. Estas características inciden en la velocidad, energía y volumen de las remociones que puedan originarse. Así también, cualquier modificación de ellos puede transformar una ladera estable en inestable y generar remociones (Popescu, 2002). Por otro lado influyen la forma y superficie de las hoyas hidrográficas, orientación de laderas.

La topografía escarpada y ángulos altos de pendientes de laderas es el primer factor geomorfológico a considerar, siendo propicios principalmente para la generación de flujos, deslizamientos y derrumbes. En casos específicos, la generación de flujos se ve favorecida por la existencia de laderas de topografía abrupta que disminuyen la estabilidad de los depósitos, donde el escurrimiento de agua superficial actúa como agente desestabilizador. Las pendientes tanto de laderas como de cauces (ejes hidráulicos), mientras mayores son, otorgan una alta capacidad de transporte y energía a los flujos.

En el caso de deslizamientos, se genera una situación naturalmente inestable, donde para el caso de suelo se generará un deslizamiento en un talud si su ángulo supera el ángulo de fricción interna del material (Lambe & Whitman, 1972). En tanto, Keefer (1984) estima que en presencia de sismos de intensidades superiores a IV, taludes de ángulos $\geq 15^\circ$ serán susceptibles de generar deslizamientos en suelos de tipo traslacional, en tanto ángulos de taludes $\geq 10^\circ$ serían suficientes para generar deslizamientos rotacionales. Para laderas de roca, las pendientes altas son las que controlan la generación de deslizamientos, donde taludes de ángulos $\geq 35^\circ$ serían susceptibles a generarlos, y ángulos $\geq 15^\circ$ podrían generar deslizamientos de roca masivos o en bloques para el caso sísmico (Keefer, 1984).

Evidentemente, para que se genere movimientos de remoción debe existir material susceptible a ser movilizado. Dentro de este punto, se hace necesario lograr identificar depósitos de antiguos deslizamientos o flujos, principalmente si se encuentran en estado

suelto, o la identificación de depósitos coluviales que se ubican en general en los pies de laderas y quebradas, donde su condición de equilibrio límite, los hace muy propensos a generar deslizamientos (o flujos).

Hidrología

La red de drenaje, las posiciones y variaciones del nivel freático, caudales, coeficientes de escorrentía y coeficientes de infiltración, son factores hidrológicos e hidrogeológicos que condicionan la generación de remociones en masa ya que están directamente relacionados a la incorporación de agua en los suelos o macizos rocosos.

El suelo saturado presentará variaciones en los rangos de cohesión dependiendo de su granulometría. De todas maneras, la incorporación de agua en la estructura del suelo, que en ciertos casos puede llegar a la saturación, genera una disminución en la resistencia del material, disminuyendo su tensión efectiva producto de la generación de presiones de poros (Lambe & Whitman, 1972). En roca, el agua puede contribuir a la pérdida de resistencia al infiltrarse en las estructuras, ejerciendo tensiones en estas que se oponen a las tensiones que la mantienen estable.

En el caso de los flujos, éstos en su gran mayoría se generan por saturación del material, lo cual al provocar un aumento en la presión de poros disminuye su resistencia efectiva. La identificación de zonas húmedas o saturadas es de gran importancia para la identificación de áreas críticas para la generación éstos. La posición del nivel freático y sus variaciones en este ámbito es importante, ya que al encontrarse a poca profundidad, mediante la incorporación de agua lluvias, éste puede ascender rápidamente llegando a generar la saturación del material superficial. Asimismo, en suelos arenosos afectados por sismicidad, el nivel freático puede ascender hasta el punto de saturar el material, generando en el suelo un comportamiento del tipo fluido viscoso (licuefacción del suelo) producto de la vibración. Se debe tener en cuenta en el momento de evaluar este factor que la distribución de agua subterránea varía de acuerdo a la topografía y a la condición de meteorización de la roca madre (Pathak & Nilsen, 2004). Aunque los flujos de detritos se asocian a un suelo saturado, el flujo puede ir incorporando líquido en el trayecto, generándose en un principio por la inestabilidad del suelo condicionada por la resistencia, el ángulo de fricción interna y el grado de saturación del suelo (Yoshida *et al.*, 1991). Pueden existir movimientos de

ladera complejos, que pueden derivar en un flujo de detritos o un flujo seco, dependiendo si hay o no incorporación de agua al material transportado (Varnes, 1978).

Por otro lado, la presencia de vertientes en zonas escarpadas o acantilados contribuye a la infiltración de agua entre las fracturas de la roca, propiciando la separación de estas y la posterior pérdida de contacto entre las paredes de la roca, que la mantienen estable.

Desarrollo social y económico

El control que ejerce el factor humano sobre la estabilidad de laderas es muchas veces primordial en la generación de eventos de remoción en masa. Ejemplos de actividades que influyen en esto son excavaciones, rellenos, construcción de estructuras, urbanización, cambios en el uso del suelo, extracción de áridos y acumulación de escombros. Estos, entre otros, pueden contribuir tanto a la desestabilización de las laderas producto de la disminución artificial de la resistencia del material, como a la contribución de material para ser movilizados por futuros eventos y cambios en la escorrentía superficial y en la topografía. A esto se suma la deforestación que se lleva a cabo producto de tala ilegal. Las faenas mineras y embalses, por su parte, contribuirán a la generación de sismicidad inducida, lo cual puede influir en la desestabilización producto de las vibraciones que si bien tal vez no alcanzan grandes intensidades, pueden ser frecuentes y constantes, disminuyendo gradualmente la resistencia de los depósitos y macizos rocosos.

Otro efecto producido por estas actividades tiene que ver con el aspecto climático. A escala global, las actividades antrópicas en el último tiempo han afectado directamente en el cambio climático terrestre, lo cual está asociado a variaciones en las temperaturas, tipo e intensidad de precipitaciones y su distribución, influyendo directamente en la generación de remociones que derivan en desastres.

1.3.2 FACTORES DESENCADENANTES

Un agente desencadenante es un factor externo que genera mediante el rápido incremento de esfuerzos o la reducción de la resistencia del material de una ladera (Wieczorek, 1996). Entre los agentes desencadenantes más comunes de remociones en masa se cuentan principalmente las lluvias de gran intensidad y los sismos; secundariamente las erupciones volcánicas, la intervención antrópica, la fusión de nieve, la erosión de canales, entre otros.

Precipitaciones

González *et al.* (2002) destacan que las lluvias como factores de remociones en masa se encuentran relacionadas con su intensidad, duración y distribución. Así, precipitaciones de poca intensidad en periodos prolongados de tiempo y precipitaciones de gran intensidad en periodos cortos de tiempo podrían desencadenar eventos de remociones en masa en zonas donde el escenario sea favorable para ello. Dentro de este aspecto, las precipitaciones cortas e intensas serían susceptibles a provocar eventos superficiales, en tanto remociones más profundas serían provocadas por eventos distribuidos en largo periodo de tiempo (Aleotti, 2004; Kim *et al.*, 2004).

Es necesario recalcar la importancia que presenta la ocurrencia de fenómenos climáticos como lo es el fenómeno de El Niño (García, 2000), en el cual existe una tendencia al exceso de precipitaciones (inviernos con mayor días con lluvia y con precipitaciones de intensidades mayores) y de los niveles de caudales líquidos de escorrentía. Particularmente en Chile Central, se ha establecido a través de estudios que recopilan los eventos de remociones en masa de aproximadamente los últimos 50 años, que existe una clara correlación entre la presencia del fenómeno El Niño y el desarrollo de eventos como flujos de barro y detritos en la zona (García, 2000; Sepúlveda *et al.*, 2006).

Sismos

Los sismos son otros grandes factores desencadenantes de remociones en masa en diversos escenarios geológicos y topográficos. Las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometido la ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad.

Keefer (1984) ha realizado estudios a partir de sismos ocurridos principalmente en Los Ángeles, EEUU., estableciendo que los tipos de remociones más abundantes generados por terremotos corresponderían a caídas de rocas, deslizamientos desagregados (*disrupted landslides*) de suelos con pendientes de laderas $>15^\circ$ y deslizamientos de roca con pendientes de laderas $\geq 40^\circ$, y secundariamente derrumbes en suelo, deslizamientos en bloques de suelo y avalanchas de tierra. Los flujos y avalanchas de roca son estadísticamente los que han generado mayor cantidad de muertes y daños.

Por otro lado, las remociones en masa que involucran material suelto, sin cohesión, saturado y en pendientes de ladera bajas a moderadas comúnmente ocurren como resultado

de una licuefacción del suelo inducida por el sismo.

Otros factores

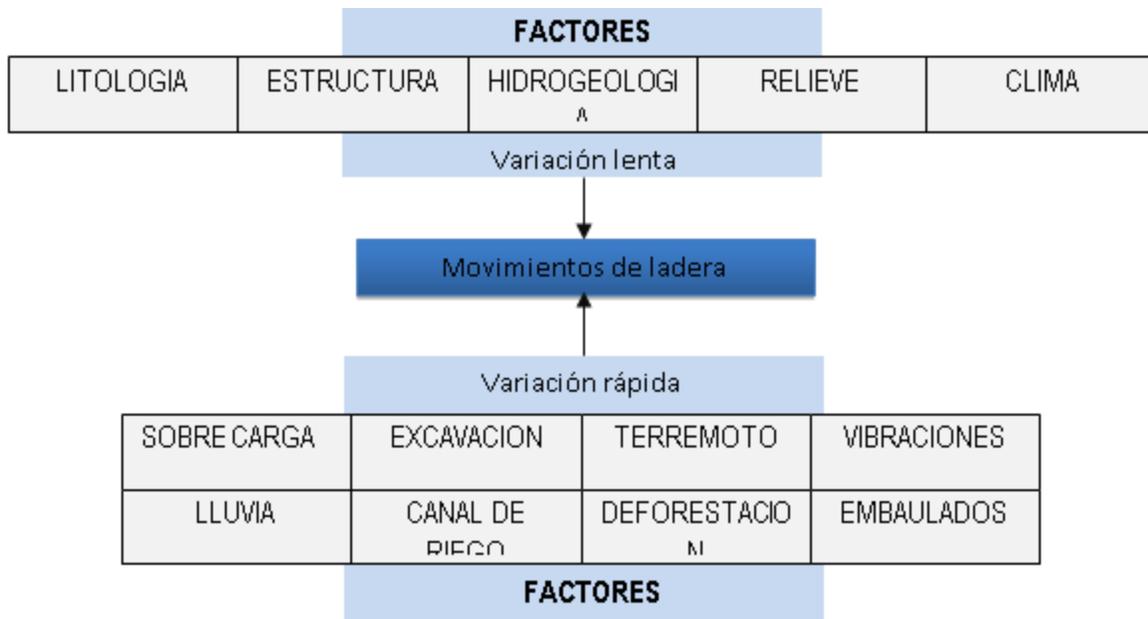
En ambientes volcánicos, las erupciones pueden generar deslizamientos producto de la fusión de la nieve acumulada en las laderas de los volcanes, las cuales actuando por sí solas o en conjunto con precipitaciones intensas podrían generar flujos de gran magnitud al arrastrar el material depositado en las laderas durante la erupción volcánica. Este tipo de flujo es denominado “lahar”. Los flujos de detritos volcánicos o *lahares*, también se pueden producir por lluvias intensas sobre depósitos de tefra (Pierson, 1989; Coussot & Meunier, 1996).

A continuación en el cuadro siguiente consta la descripción de cada uno de ellos y en el esquema 1, la relación e interrelaciones que existen entre factores condicionantes y desencadenantes.

Cuadro 2. Descripción de factores condicionantes y desencadenantes

FACTORES CONDICIONANTES	TOPOGRÁFICOS	Cualquier pendiente mayor de 15%, conlleva riesgos de erosión.
	GEOMORFOLÓGICOS	Formas del relieve, indicadores de posibles FRM
	LITOLÓGICOS	Presencia de materiales alterados por meteorización. Falta de cohesión de los materiales que componen la roca. Alternancia de estratos de diferente naturaleza
	HIDROLÓGICOS	Aumento de la escorrentía superficial. Estancamiento del agua Cambios del nivel freático de las aguas subterráneas. Alternancia de estratos de diferente permeabilidad.
	ESTRUCTURALES	Disposición paralela de los planos de estratificación de las rocas respecto de la pendiente. Fallas o fracturas.
	CLIMÁTICOS	Alternancia de épocas de sequía-luvia.
	VEGETACIÓN	Ausencia o escasez de vegetación que sujete el terreno.
FACTORES DESENCADENANTES	NATURALES	Fuertes precipitaciones. Inundaciones, Erupciones volcánicas, Terremotos. Cambios en el volumen del terreno, humedad-deseccación.
	INDUCIDOS	Aumento del peso del talud (pendiente) por acumulación de escombros o construcciones. Excavaciones con retirada de materiales del pie del talud. Creación de taludes artificiales. Inundaciones causadas por roturas de presas. Estancamientos de aguas por impermeabilización y asfaltado. Encharcamientos por excesos de riegos. Deforestación de taludes Explosiones realizadas en la construcción de carreteras, minas...

Fuente: www.iesae./MOVIMIENTOSLENLADERA.pdf



Fuente: Ayala 2002

Cuadro 3.- Factores condicionantes y desencadenantes

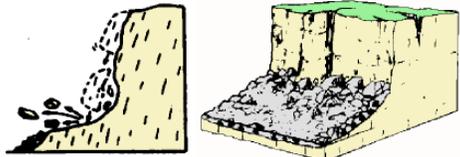
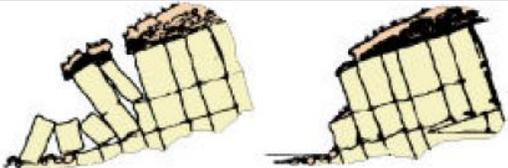
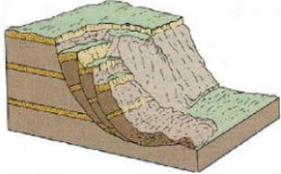
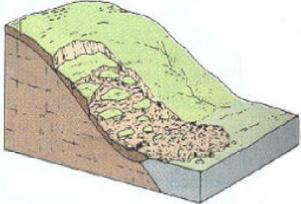
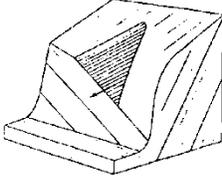
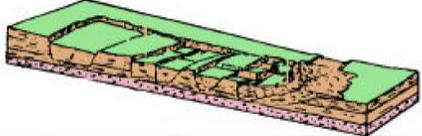
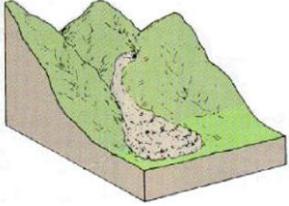
Para la unidad geomorfológica del Cerro Susanga, se ha considerado cinco factores de susceptibilidad condicionantes: topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico, y como factores desencadenantes sismos, precipitación y antrópicos, que serán estudiados independientemente.

1.4 MOVIMIENTOS EN MASA.

Los diferentes tipos de movimientos de masa implican tal cantidad de procesos y factores que ofrecen ilimitadas posibilidades de clasificación (HANSEN, 1984), pueden diferenciarse en función del tipo cinemático del movimiento, tipo del material movilizado, según su estado de actividad, velocidad de movimiento y etapa de desarrollo, entre otros (CRUDEN Y VARNES, 1996).

Para la clasificación de los deslizamientos se presenta los sistemas propuesto por VARNES 1978, MORA, 2004 los cuales se detalla a continuación.

Cuadro 4. Tipos de movimientos y mecanismos de deslizamiento

MOVIMIENTOS DE LADERA		
MECANISMO	DIVISION	GRAFICO
Desprendimientos, Caídas	Rocas (suelos, detritos)	
Vuelcos	Rocas (bloques) Flexural de roca o del macizo rocoso	
Deslizamientos	Rotacionales	
	Traslacionales	
	En cuña	
Desplazamientos Laterales	Lentos Por licuefacción	
Flujos	Detritos Lodo	
Reptación	Lentos	
	Extremadamente lentos	

Fuente: Mora Chinchilla R2004

Desprendimientos, Caídas

Los desprendimientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y, en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuña y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. Los factores que los provocan son la erosión y pérdida de apoyo o descalce de los bloques previamente independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas.

Aunque los bloques desprendidos pueden ser de poco volumen, al ser procesos repentinos suponen un riesgo importante en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montaña y al pie de acantilados. Pueden también darse desprendimientos de masas de suelos en taludes verticales, generalmente a favor de grietas de tracción generadas a causa del estado tensional o de grietas de retracción por desecación del terreno. (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2006, pág., 628).

Vuelcos

Los vuelcos de estratos o de fragmentos de masas rocosas se pueden incluir dentro de los desprendimientos, se producen cuando los estratos buzan en sentido contrario a la ladera, por estar fracturados en bloques o por rotura de la zona de pie de la ladera, suelen darse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados. (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2006, pág., 628).

Deslizamientos

Son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser proceso rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios millones de metros cúbicos).

En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas. (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2006, pág. 623 - 625).

Estos a su vez se dividen en: deslizamientos rotacionales y deslizamientos traslacionales.

Deslizamientos Rotacionales.

Son más frecuentes en suelos cohesivos (homogéneos), la rotura superficial o profunda tiene lugar a favor de superficies curvas o en *forma de cuchara*, una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a *escalones* con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas, sus dimensiones varían entre varias decenas y centenares de metros, tanto en longitud como en anchura, y pueden ser superficiales o profundas, la parte inferior de la masa deslizada se acumula al pie de la ladera formando un depósito tipo lóbulo con grietas de tracción transversales, dependiendo del tipo de suelos y del contenido de agua, se pueden generar flujos.

Deslizamientos Traslacionales.

La rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad preexistentes (superficie de estratificación, contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural); en ocasiones, el plano de rotura es una fina capa de materia arcilloso entre estratos de mayor competencia, no suelen ser muy profundos, aunque sí muy extensos y alcanzar grandes distancias, pueden darse en suelos y en rocas, y las masas que se deslizan en ocasiones son bloques rectangulares previamente independizados por discontinuidades o por grietas de tracción (deslizamientos de bloques), generalmente, los deslizamientos traslacionales son más rápidos que los rotacionales, dadas las características cinemáticas del mecanismo de rotura.

Deslizamientos en cuña.

Otro tipo común de deslizamiento en bloque es el que se genera en cuña, donde los límites de la superficie de deslizamiento están dados por dos o más discontinuidades que afloran en la ladera y que se intersectan, generando una línea de intersección a lo largo de la cual se desplaza la masa (SOETERS & WESTEN, 1996) (LARA, SAPULVEDA, 2008)

Desplazamientos Laterales.

Movimiento de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional, este tipo de movimiento (denominado en algunas clasificaciones como “extensión lateral” o lateral spreading) hace referencia al movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable, los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas, los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos; los desplazamientos laterales, también pueden ser provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de las masas superiores, se dan en laderas suaves, y pueden ser muy extensos. Las capas superiores se fragmentan generándose grietas, desplazamientos diferenciales, vuelcos, presentando las zonas afectadas un aspecto caótico. (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2006, pág., 629).

Flujos.

Los flujos o coladas son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o *debris flow*) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un “fluido”, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas, el agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos, principalmente, afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados; estos movimientos poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener

lugar en laderas de bajas pendientes con ángulo menor a 10° . (GONZÁLEZ DE VALLEJO, 2006, pág., 626).

Reptación.

La reptación o “creep” consiste en movimientos del suelo subsuperficial desde muy lentos a extremadamente lentos sin una superficie definida de falla, la profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros, generalmente, el desplazamiento horizontal es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno

La reptación puede preceder a movimientos más rápidos como los flujos o deslizamientos traslacionales, la reptación comúnmente ocurre en las laderas con pendiente baja a media, la reptación puede estar relacionada con procesos de meteorización que afectan a los suelos de las laderas, especialmente si estos son arcillosos, muy blandos o alterados, con características expansivas.

Las evidencias de reptación consisten en la inclinación de postes y cercas y/o la inclinación o curvatura de los troncos de los árboles y arbustos, igualmente, las estructuras de la mampostería se agrietan con fisuras verticales o diagonales. (SUAREZ, 2009, pág. 12, 13)

1.5 PARTES DE UN DESLIZAMIENTO

Gráfico 1. Partes de un Deslizamiento

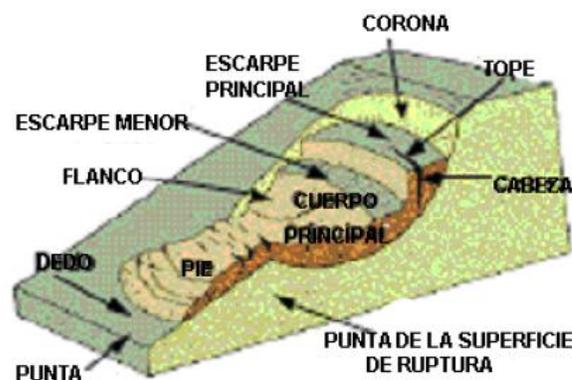


Figura A1.2. Partes de un deslizamiento (Varnes, 1978).

Fuente: Varnes 1978

Cabeza. Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.

Cima. El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Corona. El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.

Escarpe principal. Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

Escarpe secundario. Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.

Superficie de falla. Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

Pie de la superficie de falla. La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

Base. El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

Punta o uña. El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

Cuerpo principal del deslizamiento. El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.

Superficie original del terreno. La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

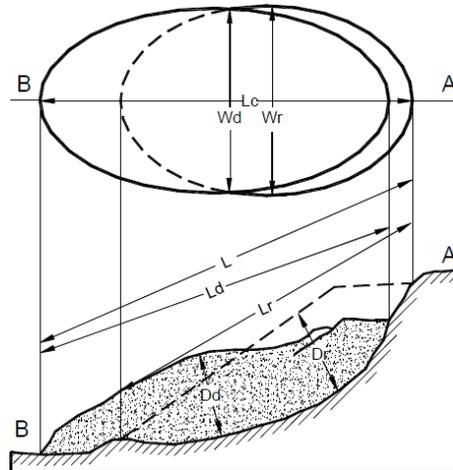
Costado o flanco. Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

Derecha e izquierda. Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

1.6 DIMENSIONES DE LOS MOVIMIENTOS

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por la International Association For Engineering Geology and the Environment (IAEG), tal como se expone en el gráfico siguiente

Grafico 2. Dimensiones de los movimientos



Fuente: Suarez, 2009, pág. 4, 5

Ancho de la masa desplazada W_d . Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud L_d .

Ancho de la superficie de falla W_r . Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular a la longitud L_r .

Longitud de la masa desplazada L_d . Distancia mínima entre la punta y la cabeza.

Longitud de la superficie de falla L_r . Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

Profundidad de la masa desplazada D_d . Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .

Profundidad de la superficie de falla D_r . Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .

Longitud total L . Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.

Longitud de la línea central Lc. Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

Igualmente, se deben medir alturas del nivel freático, alturas de los escarpes, radios de rotación del movimiento, pendientes de la superficie antes y después de la falla.

METODOS DE EVALUACION Y ZONIFICACION

1.7 EVALUACION DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

En el Manual de Estimación del Riesgo ante Movimientos en Masa en Laderas, Cuaderno técnico N° 3, publicado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011). La susceptibilidad de movimientos de masa en laderas por deslizamientos se puede evaluar de dos formas diferentes:

Sistema de la experiencia, en el cual se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.

Sistema teórico, en él se mapea el mayor número de factores que se considera que puedan afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego se analiza la posible contribución de cada uno de los factores.

El mismo Manual, determina que, existen tres principios que orientan la evaluación del peligro por movimientos en masa en laderas, denominados de manera genérica como movimientos en masa (VARNES, 1985).

Primero. Los movimientos en masa en laderas, probablemente ocurrirán bajo las mismas condiciones geomorfológicas y geológicas, en que se han producido en el pasado y se están produciendo en la actualidad.

Segundo. Las condiciones y procesos subyacentes que causan los deslizamientos pueden ser comprendidos luego de los análisis de los factores de susceptibilidad.

Tercero. Se puede determinar el valor relativo de las condiciones y procesos que contribuyen a la ocurrencia de los movimientos en masa, asignándole a cada condición un orden que refleje su contribución en la ocurrencia de movimientos en masa.

A fin de interpretar la probabilidad de futuros movimientos en masa, se requiere comprender las condiciones y procesos que controlan estos movimientos, existen tres factores físicos que se deben tomar en cuenta:

- Anteriores movimiento en masa de la zona,
- La calidad de las pendientes
- El tipo de roca

Que son el mínimo de los componentes necesarios para evaluar el peligro de movimiento en masa, según el Manual OEA/DDRMA, 1993, (citado en el Manual de Estimación del Riesgo, 2011), se puede añadir el factor hidrológico para reconocer el importante rol que las aguas subterráneas y superficiales tienen frecuentemente en la ocurrencia de movimientos en masa, la información sobre la capa freática y sus fluctuaciones raramente se encuentran disponibles, por lo que se pueden usar medidas indirectas que pueden ser cartografiadas para mostrar la influencia de la hidrología del área, tal como la vegetación, la orientación de las pendientes, o zonas de precipitación.

1.7.1 EL MÉTODO DE BRABB

Este método de tipo explícito empírico utiliza tres factores para evaluar la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa (FRM): un inventario de FRM, un mapa de unidades litológicas y un mapa de pendientes, este método fue utilizado por primera vez en el condado de San Mateo, California por su autor, el método ha sido detallado para ser utilizado en forma cartográfica por VARNES, 1984, y se expone a continuación:

- A.** Primero, se determina el área limitada por cada una de las unidades y subunidades litológicas de la zona, utilizando una malla con resolución de 0.01 millas cuadradas (2.6 hectáreas).

- B.** El Mapa Inventario de Fenómenos de Remoción en Masa se sobrepone al Mapa de Unidades Litológicas para identificar las unidades en las cuales ocurren FRM; y, se calculan las áreas deslizadas en cada una de las unidades litológicas usando la malla.
- C.** Las unidades litológicas del mapa son luego listadas en orden creciente considerando el porcentaje determinado por la relación entre las áreas deslizadas en cada unidad litológica y las áreas determinadas para cada unidad litológica. De esta manera se determina una susceptibilidad relativa o parcial (SP), según el porcentaje de masa deslizada para cada litología, identificándola con numerales I, II, III, IV, V y VI.
- D.** La clase más alta de susceptibilidad (L) se asigna a los depósitos de FRM, porque contienen mucha más área deslizada (100%) que las litologías de las cuales ellos provienen. Así, los depósitos de FRM se consideran como una unidad litológica.
- E.** Las otras clases de susceptibilidad parcial (I a VI) se determinan en función de intervalos convenientes de los porcentajes de masa deslizada identificados para cada unidad litológica, asignándolos de esta forma un símbolo a cada uno de ellos. Según VARNES, 1984, los intervalos de estas clases de SP no son uniformes (1, 6, 16, 10%, y más).
- F.** El mapa de pendientes se sobrepone al Mapa Litológico y al Mapa Inventario de FRM combinados; y, se examinan sistemáticamente para determinar los intervalos de pendiente que muestran la máxima frecuencia de FRM para cada unidad litológica. Los intervalos de pendiente que presentan los valores máximos, son etiquetados con las clases de susceptibilidad más alta en números romanos.

1.7.2 EL MÉTODO DE MORA-VAHRSON

Este método propuesto por MORA Y VAHRSON (1993) fue desarrollado en Tapanti, en el Valle Central de Costa Rica, es de tipo explícito semianalítico y tiene por objeto predecir la amenaza por FRM. En este método se consideran cinco factores que son: el relieve relativo, la litología, la humedad del suelo, la sismicidad y la intensidad de lluvias.

La combinación de los tres primeros **elementos pasivos**, se realiza considerando que los FRM ocurren cuando una ladera adquiere un grado de susceptibilidad, debido a la interacción entre la pendiente, la litología y la humedad del suelo.

Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas que son **elementos activos**, actúan como elementos de disparo, que destruyen los equilibrios, la mayoría de las veces precarios, que mantienen las laderas, de esta forma se considera que el grado o nivel de amenaza es el producto de la susceptibilidad y de la acción de los elementos de disparo, tal como se relacionan en la siguiente ecuación.

Ecuación 1

$$\mathbf{H1 = Susc * Disp (1)}$$

Donde las variables son:

H1: Grado o Nivel de amenaza por FRM

Susc: valor de los factores de susceptibilidad

Disp: valor de los factores de disparo

Por su parte, el valor de susceptibilidad se compone de los siguientes parámetros:

$$\mathbf{Susc = Sr * Sh * SI (2)}$$

Donde las variables son:

Sr: valor del parámetro de relieve relativo

Sh: valor del parámetro de humedad del suelo

SI: valor del parámetro de susceptibilidad litológica

El valor de los factores de disparo se compone de los siguientes parámetros:

$$\mathbf{Disp = Ts + Tp (3)}$$

Donde las variables son:

Ts: valor del parámetro de disparo sismológico

Tp: valor del parámetro de disparo por lluvia

La ecuación (1) se puede entonces expresar en los términos:

$$H1 = (Sr * Sh * Sl) * (Ts + Tp) \quad (4)$$

De la cual se pueden derivar las relaciones siguientes:

Hs: potencial generador de deslizamientos por la sismicidad

$$Hs = Ts * (Sr * Sh * Sl) \quad (5)$$

Hp: potencial generador de deslizamientos por las lluvias.

$$Hp = Tp * (Sr * Sh * Sl) \quad (6)$$

El método Brabb fue el pionero en el análisis de estabilidad de laderas en California, y sigue siendo uno de los más exhaustivos y completos usado en Estados Unidos, este método utiliza información que puede ser accesible y fácilmente obtenida a través del trabajo de campo. El método de Mora Vahrson, admitió interrelacionar los factores de susceptibilidad, evaluando los resultados obtenidos, y determinando el grado o nivel de amenaza, como producto de los factores de susceptibilidad presentes en el flanco Este del Cerro Susanga.

1.8 TRABAJOS SIMILARES AL TEMA

Tras realizar una revisión y como documentos base para el desarrollo de este estudio se citan los siguientes trabajos donde existen múltiples y diversas técnicas de predicción de deslizamientos:

- ❖ El estudio de deslizamientos de las provincias de Loja y Zamora (SENPLADES, 2009)
- ❖ El estudio de La Comunidad Paccha que se encuentra al noreste de la parroquia de

Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo – Ecuador, (DINAGE, 2004).

- ❖ Estudio del deslizamiento de Guasuntos, Alausí, Chimborazo-Ecuador (DINAGE, 2000) y el estudio propiamente dicho del deslizamiento La Josefina, que está ubicado en la ladera sur del Monte Parquiloma, localmente conocido como Cerro Tamuga, que se encuentra a 2 819 m. s. n. m. y forma la margen norte del Río Paute, a aproximadamente 20 km al noreste de la ciudad de Cuenca, en la Región Andina del Ecuador (Beltrán, 1993
- ❖ Aplicación Metodológica para el Estudio de Susceptibilidad por Deslizamientos, Provincia de Imbabura ABAD F (2004), Proyectos geológicos, Carrera de Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador, pag. 31 informe inédito.
- ❖ Vecchia (1978) estima la susceptibilidad mediante un índice del terreno calculado a partir de varios factores condicionantes de la inestabilidad.
- ❖ Hutchinson y Chandler (1991) confeccionan un mapa de peligro de deslizamiento con criterios geomorfológicos.
- ❖ Anbalagan (1992) estima el peligro de deslizamiento y su zonificación en zonas de montaña a partir de la combinación de sistemas numéricos que asignan valores a los factores condicionantes de la inestabilidad.
- ❖ Metodología para la Evaluación del Riesgo por el método de Mora Vahrson en Pimampiro Provincia de Ibarra. IDROVO A (2004). Proyectos geológicos, Carrera de Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador, pág. 72 informe inédito.
- ❖ Mora y Vahrson (1994) predicen roturas en laderas utilizando datos categóricos.

Una vez analizada la información contenida en el marco teórico, sobre los factores de susceptibilidad, condicionantes y desencadenantes (geomorfológico, geológico, hidrológico, topográfico, desarrollo social y económico), los deslizamientos y su clasificación, la metodología para la evaluación de deslizamientos es aplicable a la presente investigación.

1.9 CONTEXTO GENERAL DEL CANTÓN SAN JOSÉ DE CHIMBO

El Cantón Chimbo corresponde a la Zona de Planificación 5 que ocupa un territorio localizado entre los 0°50' y 3°13' de latitud Sur, y entre los 78°51' y 81°1' de longitud Oeste. Está conformada por las provincias Bolívar, Los Ríos, Santa Elena y Guayas, está integrada por 48 cantones y 70 parroquias rurales. (PDOT, SAN JOSÉ DE CHIMBO, 2011)

El Cantón Chimbo, se encuentra ubicado en la parte centro-occidental de la provincia de Bolívar, limita al sur con el Cantón San Miguel; al norte con el Cantón Caluma y al este con el Cantón Guaranda; al oeste limita con la Provincia de Los Ríos.

La cabecera cantonal se encuentra a 2.480 m.s.n.m, al pie del Susanga y el Caquetilla a 14 km desde Guaranda.

San José de Chimbo fue creada como cantón el 3 de marzo de 1860 por el entonces presidente del Ecuador Don Gabriel García Moreno. En los barrios de Chimbo existen diversas y variadas industrias de tipo artesanal, en Ayurco se confecciona guitarras, en Tambán se confeccionaban armas (escopetas, carabinas, revólveres).

Existe turismo religioso al santuario de la Virgen del Huayco, sitio muy visitado por nacionales y extranjeros en los meses de septiembre y octubre de cada año.

ORIGEN DE SU NOMBRE

Chimbo, tiene un nombre autóctono, pues el lenguaje es tan antiguo como el nombre mismo. Se ha afirmado también que Chimbo tomó el nombre del Cacique Chompo, que significaba blanco señor poderoso de Quito. Dicho Cacique tenía tatuada la nariz con rayas blancas, significando así su jerarquía.

Afirman muchos que la población de los aborígenes, por estar frente al Chimbra Chimborazo, significa nieve de Chimbo.

Los españoles, al fundarlo, conocieron su nombre y le antepusieron el nombre de los santos, como era su costumbre y su religión. Así lo llamaron "Asiento de San José de

Chimbo", según se ha podido comprobar en los libros bautismales de los años 1628 a 1734. (PDOT, SAN JOSÉ DE CHIMBO, 2011)

EL CORREGIMIENTO DE CHIMBO Y SU IMPORTANCIA

El Nombre de Asiento se cambia por el de Corregimiento, es la época más sobresaliente de toda la historia del cantón hasta nuestros días, épocas que fueron y no volverán más las glorias de la ciudad de Benalcazar.

Muchos historiadores provincianos dicen, de la ciudad del Corregimiento hay una oscura tradición, lo que carece de verdad, puesto que hay valiosos documentos y verdaderas fuentes de la historia que comprueban la existencia de la ciudad poblada por centenares de españoles.

En los postreros tiempos de los Pizarro, habiéndose conquistado otros territorios, el Gobierno de Quito se subdividió en otros ocho gobiernos independientes, y éstos en nueve corregimientos que fueron: Ibarra, Otavalo, Quito: Latacunga, Riobamba, Chimbo, Cuenca. Loja y Guayaquil.

Por lo tanto el nombre de corregimiento es de los mismos tiempos de la Conquista y no de tiempos republicanos como erróneamente se ha dicho.

La ciudad de ese entonces estuvo gobernada, según el Padre Velasco por el Corregidor, el Lugarteniente, Escribano, Alguacil Mayor y Alcalde Provincial: Guaranda, en cambio, por ser un pueblo dependiente, tenía solo el Lugarteniente como autoridad, como los demás pueblos que formaban el corregimiento de chimbo. En el año de 1539 Gonzalo Pizarro se interesó en el adelantamiento de las fundaciones españolas de Alausi, Chimbo, Ambato, Mocha, Latacunga, Otavalo y Caranqui.

El Corregimiento de Chimbo tuvo tanta importancia como los otros corregimientos de la Real Audiencia de Quito. Así vemos que desde Tumbes el General Lagasca requirió subsidios al de Chimbo. Documentos valiosos indican claramente que tanto en lo político, como en lo eclesiástico, estaba bien servido; pues en tiempo de los obispos Peña y Soliz, Chimbo es el Centro de importancia no menos para el General Pedro de Arana.

En 1592 (González Suarez) cuando la revolución de las Alcabalas, el Asiento de Chimbo fue el teatro de la política de los personajes más representantes de los opuestos bandos del General Pedro de Arana y del cura vicario Hermano Miguel de Villanueva. Una vez en Chimbo, Arana se detuvo para dar un descanso a su maltratada gente, y Hermano de Villanueva, Cura de Chimbo, fue el que dio la noticia a los de Quito de la llegada de Arana.

La hospedada de Arana y sus 60 hombres en Chimbo nos dicen Cuan Grande era la ciudad de ese entonces para abastecer de vituallas a su cansada gente por varios días y la actitud varonil del cura Villanueva, marco el elevado punto político, social y religioso, pues solo podía residir en una importante ciudad colonial.

El General Pedro de Arana, no habiendo podido avanzar a Quito se regresó de Latacunga nuevamente a Chimbo para luego desplegar con un repetido avance sobre Quito después de gozar de las comodidades del importante Corregimiento.

CAPITULO II

2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

El conocimiento de los factores de susceptibilidad (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico), deviene en un ejercicio científico técnico, socioeconómico, socio ambiental, estrechamente ligado a la dimensión de la Gestión del Riesgo, fundamentado en un diseño metodológico que representa la forma en la que se va a dar respuesta a los objetivos, hipótesis y contenido del plan de tesis; para este caso en particular, se ajusta un tipo de estudio descriptivo, analítico y transversal.

DE CAMPO. Cuando se inserta en un tema o problema específico de una ciencia o fenómeno en un espacio natural o social en donde ocurren los hechos, para verificar su comportamiento y aportar con la solución

DESCRIPTIVO. Porque, describe rangos y características del fenómeno en estudio tal como se presenta en la realidad.

ANALÍTICO. Porque se procede a un análisis de variables

TRANSVERSAL. El estudio se desarrolla dentro de un lapso determinado de tiempo.

Para el estudio de susceptibilidad a deslizamientos del Cerro Susanga, se analizaron los siguientes factores:

FACTOR TOPOGRÁFICO, El objetivo del levantamiento topográfico es representar gráficamente la superficie del terreno del Cerro Susanga, identificar cada uno de los elementos, como quebradas, vías, pendientes, asentamientos, dándonos la ubicación geográfica en coordenadas UTM, y así poder tener una visión más clara del terreno, identificando los demás factores. Las curvas de nivel permitieron generar perfiles de los diferentes flancos del cerro.

2.2 TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

Para el levantamiento de la información topográfica, se procedió a emplear como: **Estación Total** marca **Topcon** de serie **GTO-3100-W**. **GPS de precisión o diferencial MAGELLAN** del tipo profesional, ProMark 3 RTK.

Levantamiento topográfico.

Se realizó el levantamiento topográfico integral de las áreas de estudio, comprendiendo la totalidad de las superficies en problema, la franja de estos estudios es variable pero sobre pasa los 1200 metros de anchura a cada lado del eje de la vía principal, tomado como referencia para los hitos colocados y que estos fueron georeferenciados.



Foto 1. Levantamiento topográfico en el sector de la Sub Jefatura de Transito

Autor: Montgomery Naranjo G

Fecha: Septiembre 2012

El levantamiento topográfico abarcará todos los puntos necesarios para definir la geometría del cerro Susanga, así como toda variación significativa de esta superficie que pudiera afectar en el futuro los estudios y diseños.

Curvas de Nivel. Para la elaboración en gabinete de las curvas de niveles se efectuó un levantamiento de puntos a través de las vías existentes para luego tomar puntos sobre las

depresiones más significativas, con la finalidad de tener un moldeamiento del terreno más acorde con la realidad, así como el perfilamiento longitudinal y las secciones transversales de cada eje de perfil longitudinal, con detalle completo de puntos singulares de terreno y elementos notables existentes, caminos, zanjas, quebradas.

Levantamiento de la poligonal (vía asfaltada). Se materializaron en el terreno el eje de la poligonal principal en los cambios de dirección y en distancias relativamente cortas, se colocaron puntos fijos con clavos de acero o mojonos de carácter permanente (sin que interfirieran operativamente en superficie), asignándole sus correspondientes cotas y coordenadas, esto para establecer puntos de control y puntos de apoyo, con el fin de delimitar las quebradas y sus detalles.

FACTOR GEOLÓGICO. Los factores geológicos condicionantes del Cerro Susanga fueron tenidos en cuenta e interpretados adecuadamente, es decir que se identificaron estructuras geológicas del cerro como: fallas y fracturas, planos de estratificación, discontinuidades, cobertura, basamento y otros elementos que puedan ser apreciados in situ. La geología es determinante para la ocurrencia del movimiento. (Suarez-Vallejo 2009)

TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

- ❖ Se procede a identificar mediante mapas geológicos y artículos relacionados las diferentes estructuras geológicas sobre las cuales se asienta el Cerro Susanga; fundamentado en el trabajo de campo, permite identificar más claramente la litología, característica de la zona, su composición, estructuras y tectónica

FACTOR HIDROLÓGICO. De fundamental importancia, el agua se reconoce como factor importante en la estabilidad de las pendientes, casi tan importante como la gravedad, ya que gran parte de los deslizamientos que se presentan dentro de esta unidad geomorfológica están íntimamente relacionados con la infiltración y recarga del agua.

- ❖ Los métodos de medición que se utilizaron para este estudio fueron; el de Velocidad y sección y el Método Volumétrico.

Velocidad y Sección. Es uno de los métodos más utilizados; para determinar el caudal se requiere medir el área de la sección transversal del flujo de agua y la velocidad media, se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = caudal del agua (m³/s)

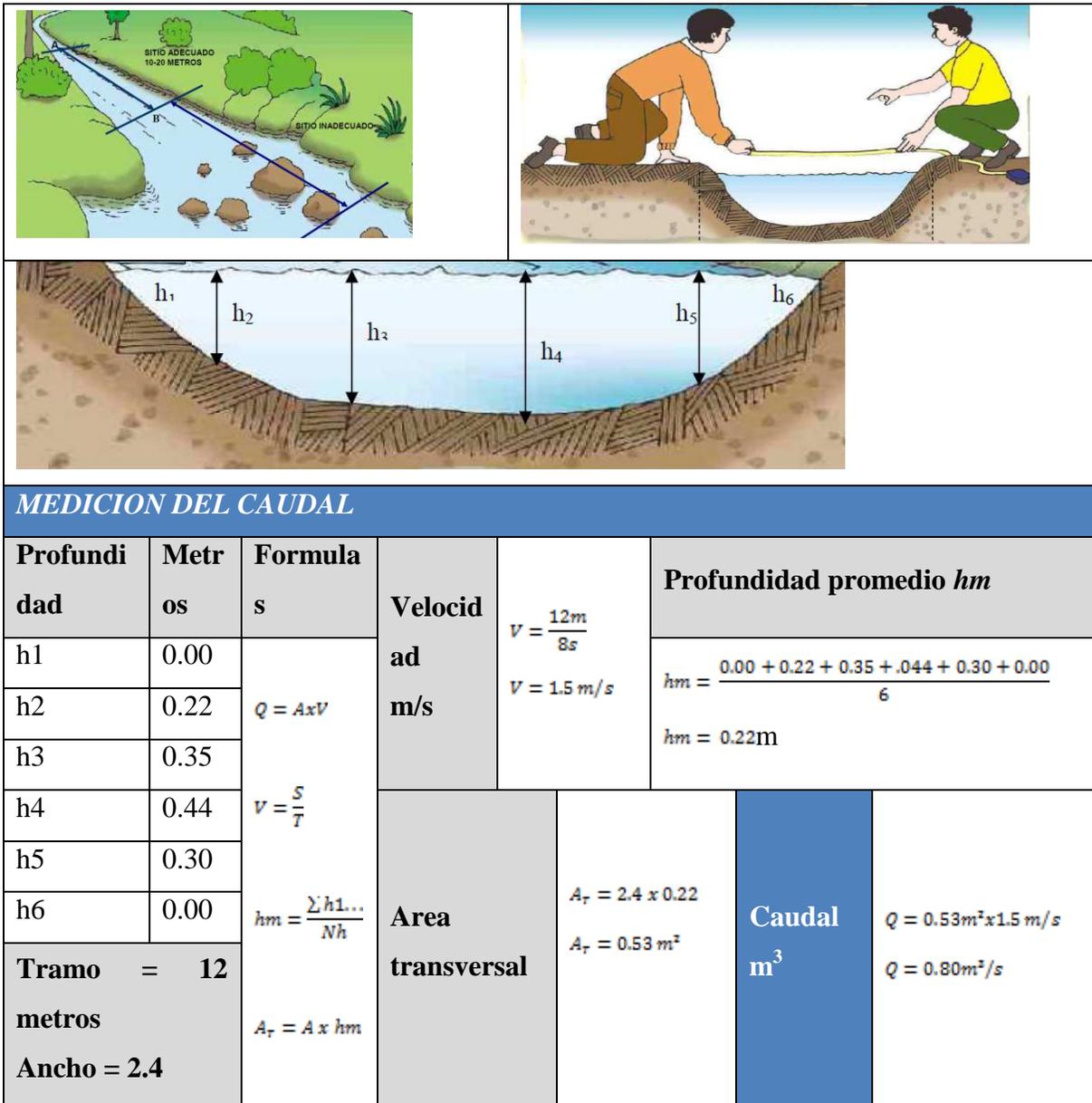
A = área de la sección transversal (m²)

V = velocidad media del agua (m/s)

Selección del área

- Se selecciona un tramo del río, sequía, cauce, donde se va a proceder a medir el caudal, en el cual el agua fluya libremente sin turbulencias ni impedimentos.
- En este tramo se seleccionan dos puntos A (inicio) y B (final), entre estos puntos se mide la distancia.
- Del punto A se deja fluir un flotador hasta el punto B midiendo su tiempo de recorrido, este procedimiento en nuestro caso se lo realizó unas 10 veces para sacar el tiempo promedio.
- De igual manera se procede a sacar la sección transversal del río, sequía o cauce, lo cual consiste en dividir el ancho del río en varias partes, para este caso se tomó una cinta graduada y se lo dividió en partes iguales, se midió la profundidad del cauce en cada punto para calcular el promedio.

Ejemplo



Cuadro 5.- Medición Caudal

Generalmente, el caudal (Q) se expresa en litros por segundo (Lt/s) o metros cúbicos por segundo (m^3/s)

La dificultad principal es determinar la velocidad media, porque varía en los diferentes puntos de la sección hidráulica.

Método Volumétrico. Se emplea por lo general para caudales muy pequeños y se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal (Lt/s)

V = volumen (Lt)

T = tiempo (s)



En este caso se debe tomar como mínimo 5 veces el tiempo de llenado, de manera que sea posible determinar el valor promedio, por ejemplo.

$$T = \frac{5.25 + 5.10 + 5.40 + 5.09}{4}$$

$$T = \frac{20.84}{4}$$

$$T = 5.21s$$

Para un recipiente de 6 litros

$$Q = \frac{6Lt}{5.21s}$$

$$Q = 1.15 L/s$$

Lo cual correspondería al valor promedio del caudal de la fuente estudiada.

(Tomado del Manual de Hidrometría 2005, CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL INRENA – UCPSI pág. 4 – 5)

FACTOR GEOMORFOLÓGICO. Este factor, nos permitió identificar las formas de relieve en esta unidad, tomando en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, clima de la región, fuerzas endógenas y exógenas, que se constituyen como elementos modeladores del relieve. (DÁVILA, 2011)

FACTOR SOCIAL Y ECONÓMICO

Este factor nos permitió identificar los elementos expuestos, así como las vulnerabilidades y capacidades que tiene la población ante posibles deslizamientos del Cerro Susanga, es decir que tan preparada esta la población para afrontar un evento de esta naturaleza.

TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

Mediante el uso de fotografías aéreas y mapas topográficos, se procedió a identificar las diferentes formas de relieve de la unidad, para organizar la salida de campo y tener una apreciación más clara de estos, así como: pendientes, sistemas de drenaje, grados de meteorización, alteraciones en las rocas y efectos, en el flanco Este del cerro que está siendo estudiado.

2.3 HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO

TOPOGRAFICO.

Se modeló la superficie y se trazaron las curvas de nivel cada 5.00 m. de separación horizontal menor y curvas de nivel cada 25.00 metros de separación horizontal mayor

La información se procesó y se transportó a los diferentes planos, plano topográfico en la que se incorporó una fotografía satelital de GOOGLE EARTH ya georeferenciada, se incorporó los puntos y la ubicación de puntos, descripción y cota.

Para este trabajo se utilizó herramientas informáticas como: Auto Cad, ArcGis, Mobile Mapper, OziExplorer, Global Mapper, Excel, Access, para su respectiva interpretación.

GEOLOGICO

Salidas a diferentes sectores del cerro para determinar e identificar la litología que consta en la hoja geológica Guaranda y San Miguel (Dirección General de Geología y Minas, 1979); además se utilizó métodos como la fotointerpretación y se procesó estos resultados en herramientas informáticas como: Arcgis, Autocad, Google Earth, y otros que nos permitieron interpretar en mapas temáticos.

HIDROLOGICO

Se procedió a medir los caudales de los diferentes afloramientos identificados en cada una de las quebradas, para efectuar la valoración de los caudales se utilizó dos métodos reconocidos y ampliamente difundidos: el método volumétrico y el método de velocidad y sección. Se procedió a elaborar matrices en Excel e interpretar estos datos obtenidos.

GEOMORFOLOGICO.

Se procedió a calcular las pendientes en ladera establecida, para esto se elaboró un clinómetro, para con la ayuda de este, hacer los cálculos y corroborar con el mapa de pendientes, se utilizó un distanciómetro digital para medir el ancho de las quebradas, además se identificó los humedales y el área que abarcan, los escarpes, grietas, tipos de erosión tanto hídrica como eólica que podían ser apreciables. Todas estas variables se representaron en mapas temáticos, con la ayuda de las mismas herramientas informáticas, Arcgis, Autocad, Google Earth Plus.

DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO

En matrices Excel se tabularon las encuestas realizadas, para determinar los indicadores establecidos como: vulnerabilidad social, económica, física, ambiental, política, legal, y las capacidades. Con esto se pudo determinar y representar mediante cuadros estadísticos para su respectiva interpretación.

Los resultados de estos componentes (Topográfico, Geológico, Hidrológico, Geomorfológico) se representaron en mapas a escala 1:10000 y 1:15000

Los resultados de la encuesta socioeconómica se representaran en tablas estadísticas

2.4 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA INVESTIGACIÓN.

- Mapas topográficos del IGM
- Imágenes tomadas de Google Earth Plus
- GPS diferencial PROMARK 3RTK.
- Estación total TOPCON GTO-3100-W
- Prismas
- Cámara digital compacta Sony
- Binoculares Bushell T500-8456-T-234
- Flexometro digital
- Martillo Geólogo Eastwing
- Pala plegable
- Brújula
- Libreta de campo
- Clinómetro

2.5 DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMICO DEL SECTOR LA CANTERA, DIVINO NIÑO, SAN FRANCISCO

Se aplicó la encuesta de percepción del riesgo del PNUD 2012, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), y modificada acorde a las particularidades del área de estudio.

UNIVERSO Y MUESTRA

El universo de estudio es la unidad geomorfológica del cerro Susanga, en el flanco Oeste que comprende un área aproximada de 108 Ha, en los cuales se determina los factores de susceptibilidad, (Topografía, Geología, Hidrología, geomorfología, Desarrollo Social y Económico). Para el estudio socioeconómico se tomó una muestra de 155 personas que habitan en el sector.

CAPITULO III

3.1 ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

3.2.- UNIDAD GEOMORFOLÓGICA DEL CERRO SUSANGA

3.2.1.- Localización

El cerro Susanga se localiza en la provincia de Bolívar, en el cantón Chimbo, inmediatamente al este de la población San José de Chimbo. Su cima, a 2.905 m, se encuentra en las coordenadas UTM 720331, 9814893.

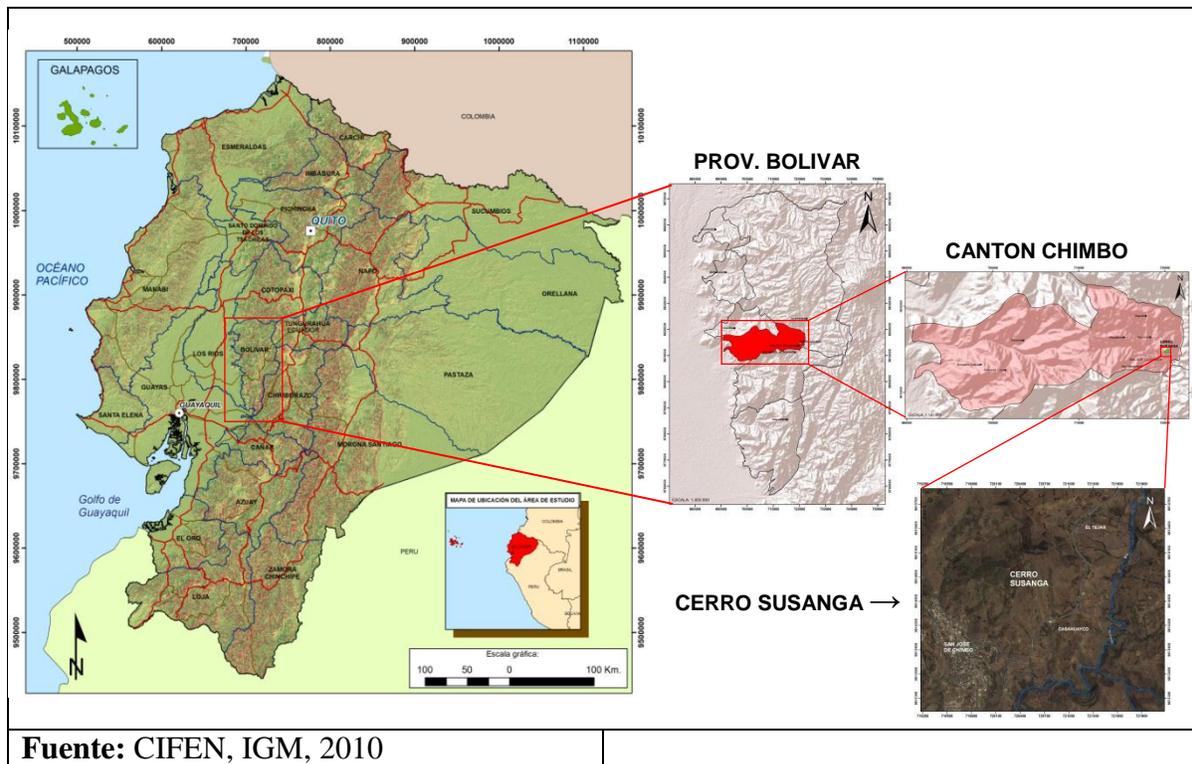


Figura 1.- Localización de la zona de estudio.

Según el mapa de climas de Ecuador del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Figura 2), el cerro Susanga presenta un clima ecuatorial con un régimen térmico templado-frío (tipo B'2), subhúmedo (tipo C2), con gran déficit hídrico en época seca (subtipo s2). En las laderas orientales del cerro y hacia la margen izquierda del río Chimbo la variación estacional de la humedad es nula o pequeña (subtipo "r"). El promedio

anual de precipitaciones y temperatura es de 500-750 mm y 12-16°C, respectivamente (Figura 3).

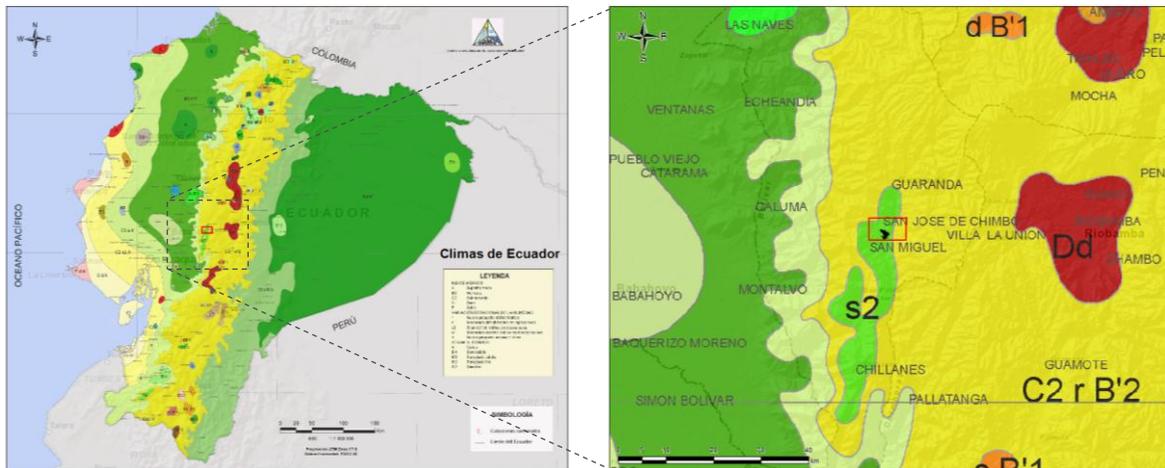


Figura 2.- Climas de Ecuador y zona de estudio. Modificada de INAMHI (www.inamhi.gob.ec)

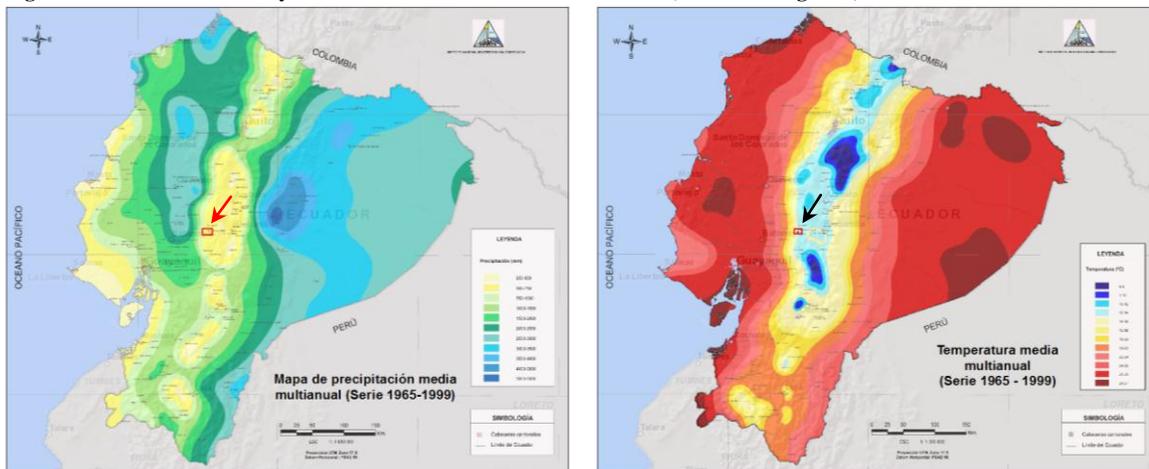


Figura 3.- Mapas de precipitación (izquierda) y temperatura (derecha) media de Ecuador y zona de estudio. Modificadas de INAMHI (www.inamhi.gob.ec)

3.2.2.- Topografía

Las curvas de nivel representan un relieve de tipo montañoso (Mapa 1 Anexo 1). La cota máxima 2905 m.s.n.m corresponde a la cumbre del cerro, concretamente en el sector de las antenas de comunicaciones. Según el modelo digital del terreno obtenido mediante un sistema de información geográfica, esta zona presenta fuertes pendientes de hasta 74° en las zonas próximas a las divisorias y escarpes, y terrenos llanos (0°) en los fondos de valle, población de Chimbo y en el centro de algunas divisorias (Mapa 2 Anexo 1).

3.2.3.- Geología

Desde el punto de vista geológico regional, el cerro Susanga se encuentra en la cordillera occidental de los Andes (Figura 7), exactamente en la hoya de Chimbo. Esta depresión o valle está limitado al este por la cordillera occidental de los Andes y al oeste por la Cordillera del Chimbo, la bifurcación o ramal occidental de la cordillera occidental de los Andes que se desprende de las faldas del Chimborazo y se extiende de norte a sur (FUENTE casa de la cultura). (Mapa 3Anexo 1)

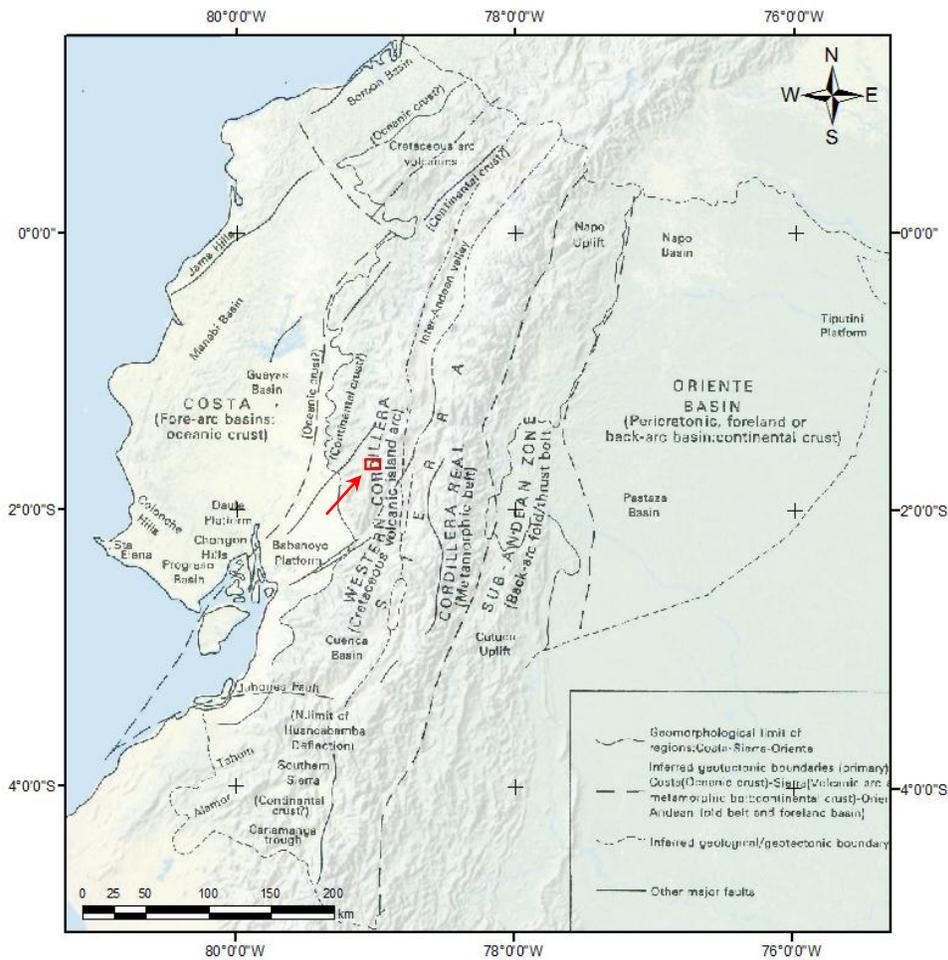


Figura 4.- Esquema geomorfológico y geológico de Ecuador, y localización de la zona de estudio (Modificada de Baldock, 1982).



Foto 2. Roca dacítica
Autor: Montgomery Naranjo G
Fecha: Septiembre 2012

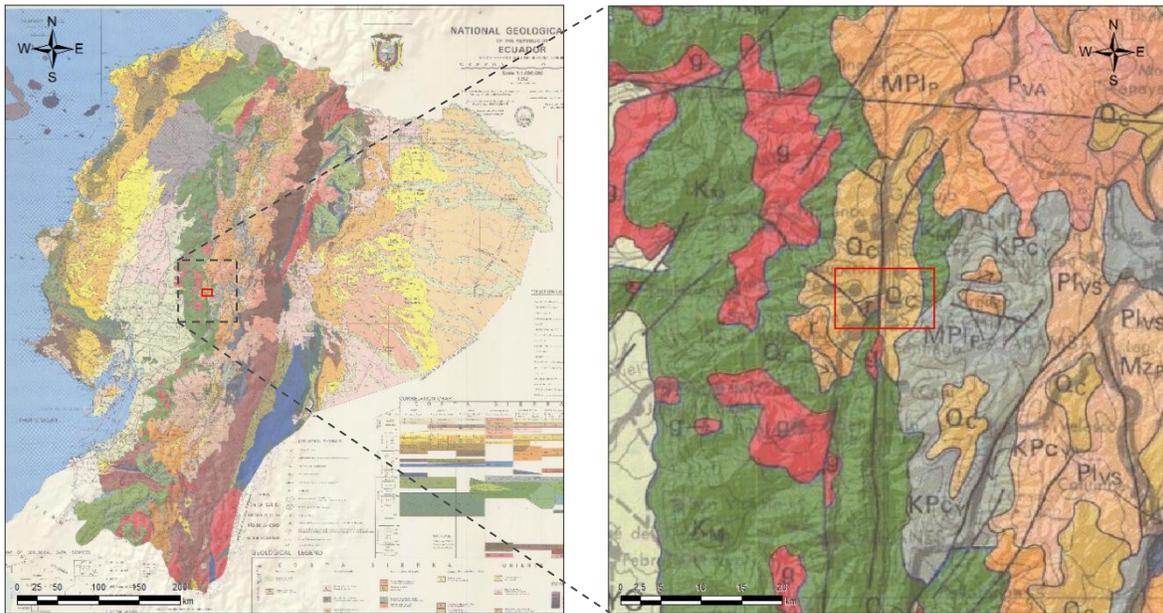


Figura 5.- Mapa geológico de Ecuador y zona de estudio (Modificada de Dirección General de Geología y Minas, 1982).

3.2.4.-Geomorfología

El cerro Susanga se encuentra en el extremo meridional de una pequeña sierra alomada, de dirección noroeste-sureste. Con sus 2.905 m constituye la mayor elevación de dicha sierra, debido probablemente a las intrusiones volcánicas dacíticas (Formación Lourdes) y a la convergencia de la falla inversa del río Chimbo de dirección norte-sur con la falla inversa de Yanayacu de dirección noroeste-sureste (Mapa 4 Anexo 1).



Foto 3.- Imagen de la falla inversa de Yanayacu al norte de San José de Chimbo.

Autor Mongomer Naranjo G

Fecha Marzo del 2013

Además, existen otras dos fallas, normales, de dirección noreste-suroeste que desgajan el cerro hacia el sureste. El flanco noreste del cerro está afectado por grandes deslizamientos que arrancan desde la divisoria y dan lugar a laderas de morfología cóncava en la mitad superior y abombamientos en la mitad inferior. La figura 6 ilustra dichas morfologías representadas sobre varios cortes geológicos del cerro.

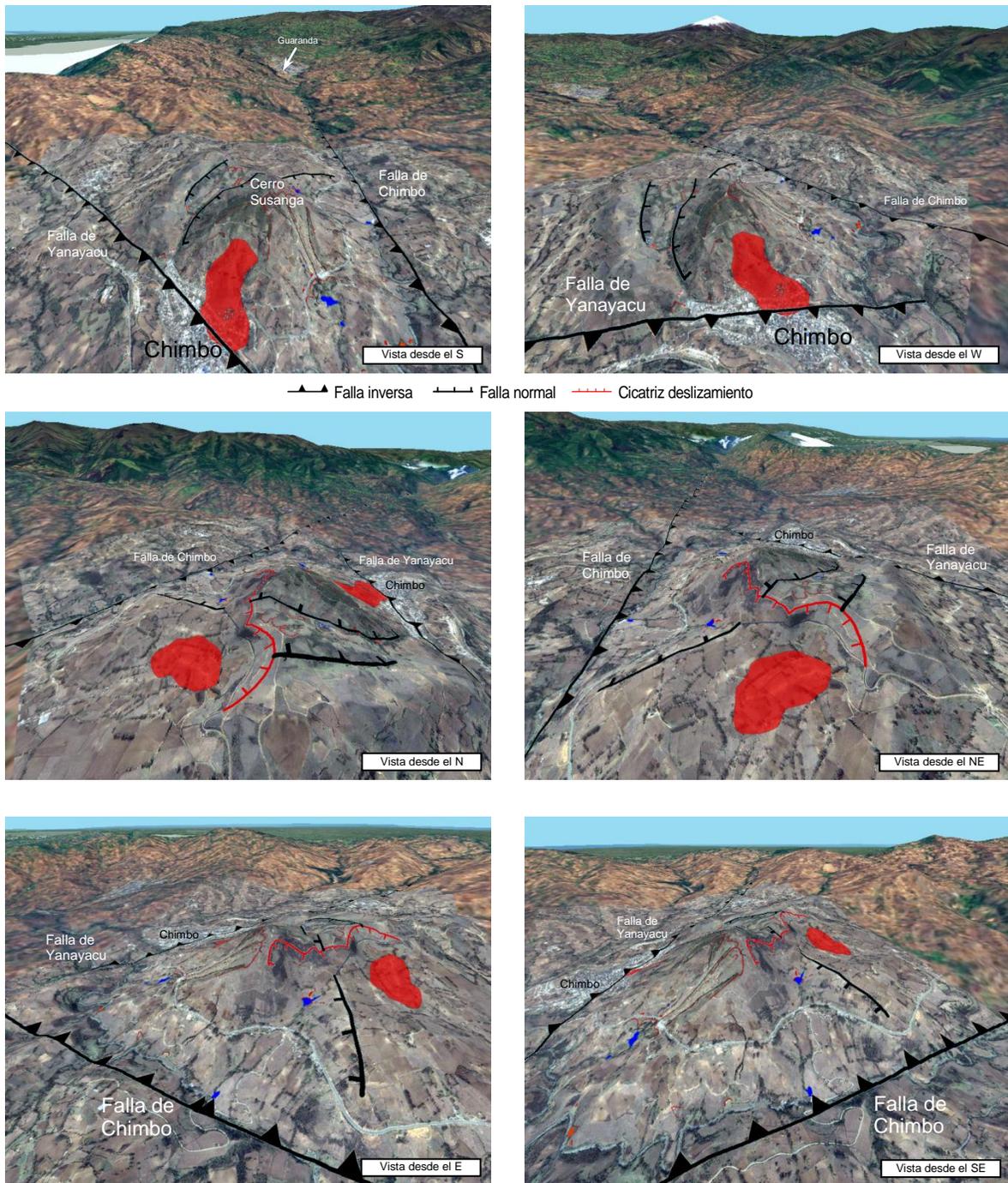
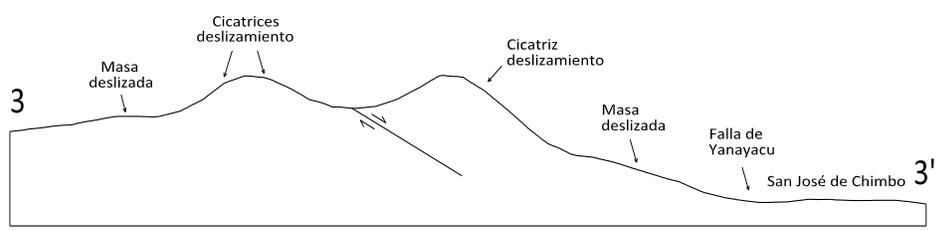
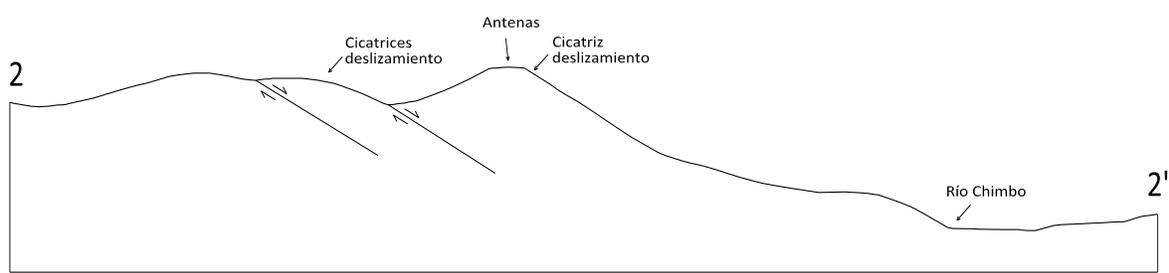
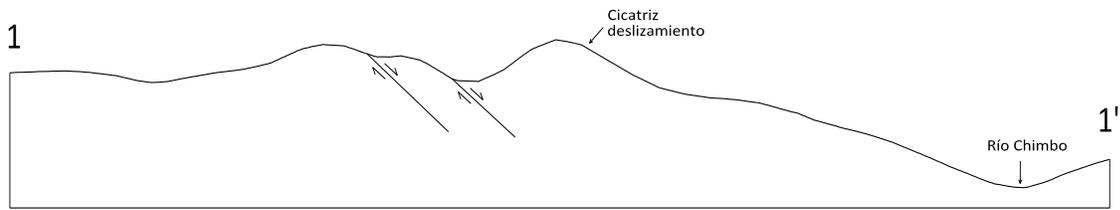
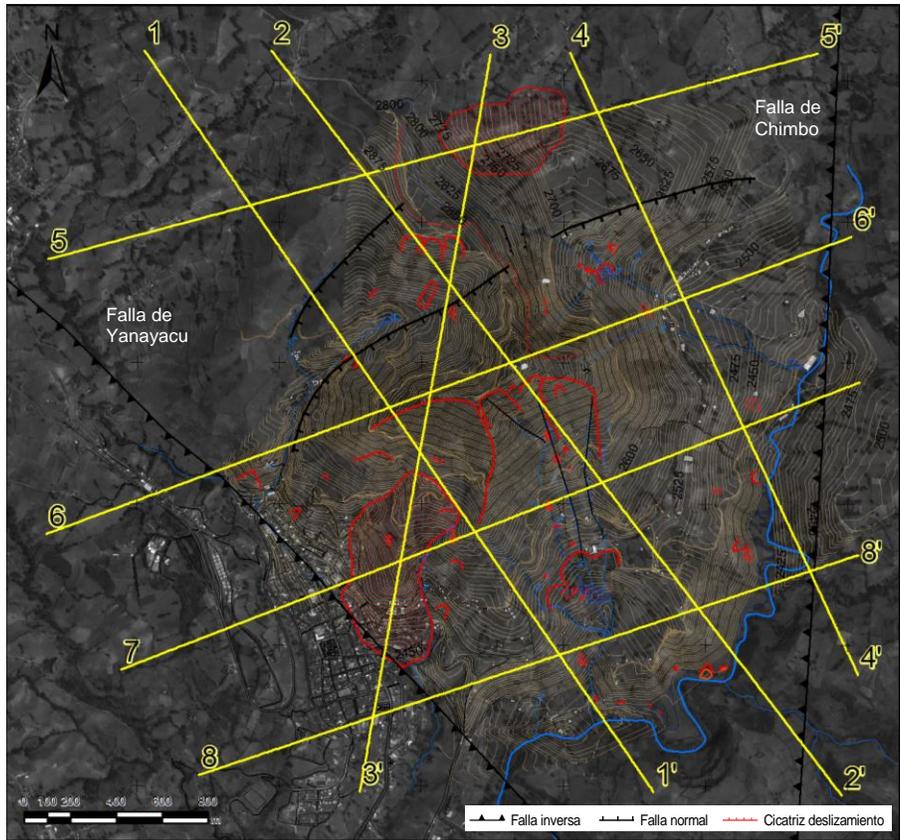


Figura 6.- Distintas perspectivas aéreas del cerro Susanga. Su morfología general y altitud están condicionadas por la presencia de fallas inversas oblicuas entre sí, fallas normales y grandes deslizamientos.

Fuente: Ortofoto 1970 Google Earth y modelo digital del terreno del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE)

Elaboración y diseño: Acosta E. 2013



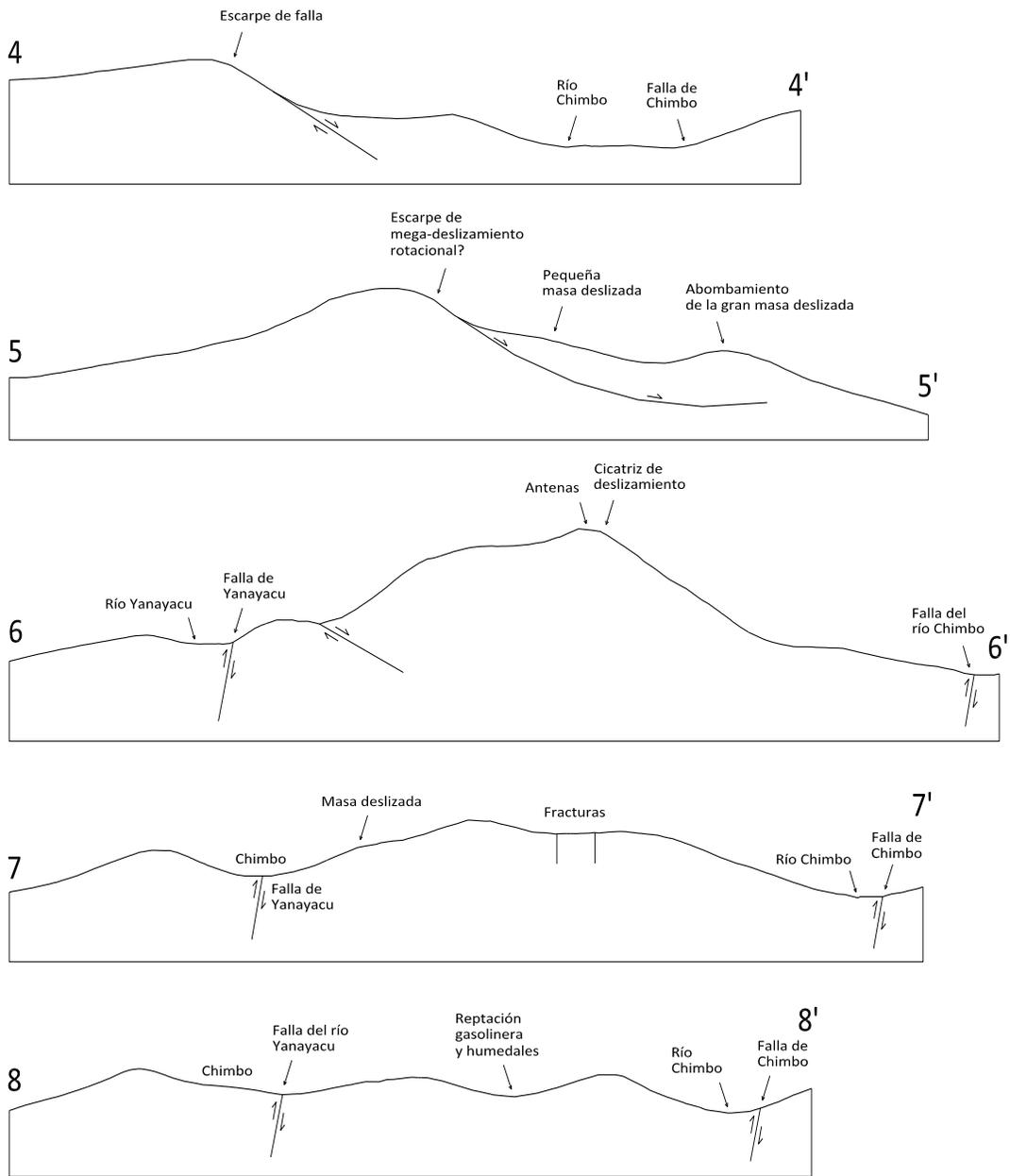


Figura 7- Cortes geológicos del cerro Susana.
Fuente: Acosta E. 2012

La red hidrográfica se adapta a las fallas y fracturas que afectan al cerro, formando un sistema de drenaje aproximadamente radial. El agua fluye por las diferentes quebradas durante todo el año aunque con diferente caudal en invierno y verano. Los arroyos del sector Oeste del cerro vierten sus aguas al río Yanayacu, mientras que los arroyos del sector Sur y Este desembocan en el río Chimbo.

También se han cartografiado numerosos afloramientos de agua en todas las laderas y en todas las orientaciones. La mayoría de ellos presentan un funcionamiento estacional, quedando prácticamente secos en los meses de verano.

3.2.5.- Sismicidad

La figura 8 ilustra la actividad sísmica en Ecuador y en la zona de estudio (Singaicho, 2009). Dicho mapa pone de manifiesto que la intensidad sísmica en la zona del Cerro Susanga toma valores comprendidos entre 7,5 y 9 según la escala macrosísmica europea (EMS-98).

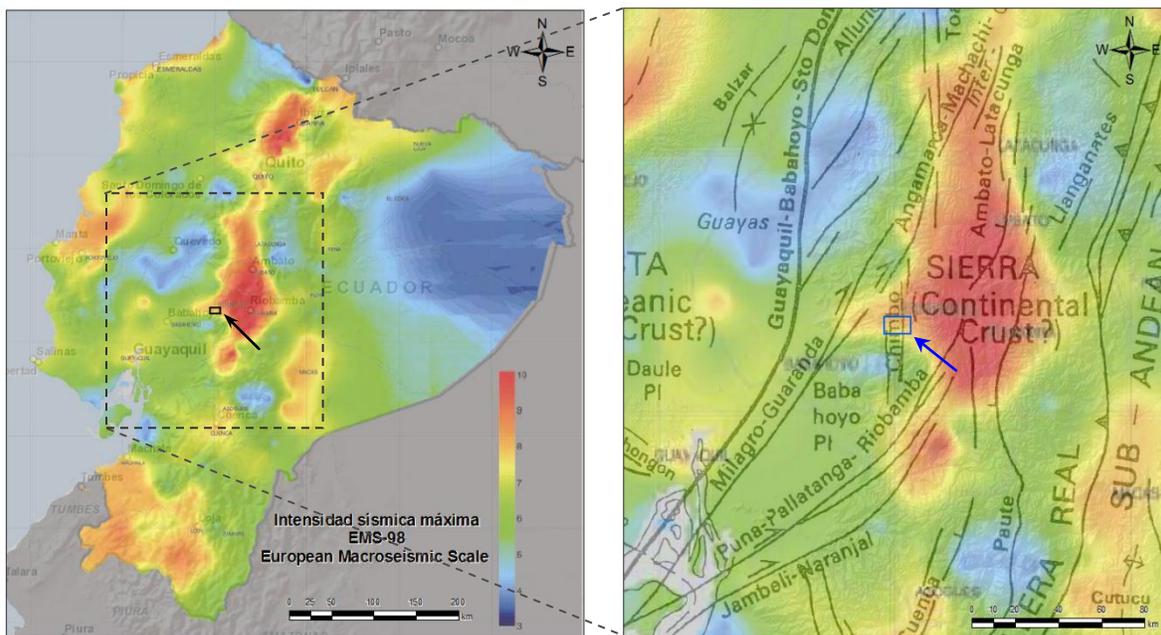


Figura 8.- Izquierda: Mapa de intensidad sísmica máxima de Ecuador (Modificada de Singaicho, 2009). Derecha: Superposición de las fallas regionales (Baldock, 1982) al mapa de intensidad sísmica.

Esta actividad sísmica puede estar asociada a tres fuentes: (i) actividad volcánica, (ii) zona de subducción, y (iii) las fallas de Puna-Pallatanga-Riobamba, Milagro-Guaranda y Chimbo. Se ilustra la sismicidad y las fuentes sismogénicas superficiales, intermedias y profundas, respectivamente. Comparando los tres mapas se llega a la conclusión de que en la zona de estudio (cuadro verde) la actividad sísmica, con intensidades de 6.5 a 8.8, se origina próxima a la superficie, entre 0 y 33 km de profundidad (Figura 9). Por lo tanto, dichos sismos están asociados a la actividad tectónica de las fallas cercanas a la zona de estudio (Puna-Pallatanga-Riobamba, Milagro-Guaranda y Chimbo).

Según el Instituto Geofísico, el sistema de fallas dextrales que atraviesa el país de suroeste a noreste, desde el golfo de Guayaquil hasta el nororiente, es la fuente de frecuentes terremotos de intensidad variable, y ha originado la mayoría de los grandes terremotos que han azotado principalmente a la región Interandina.

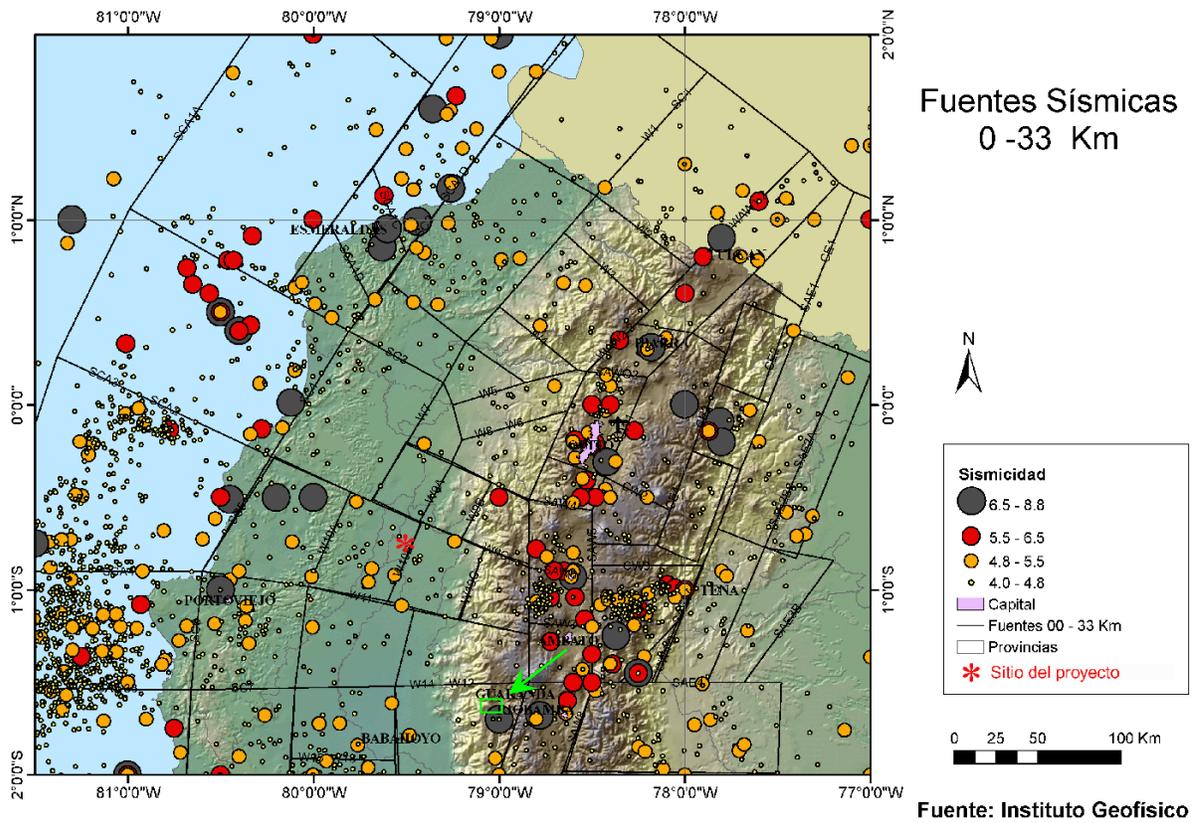
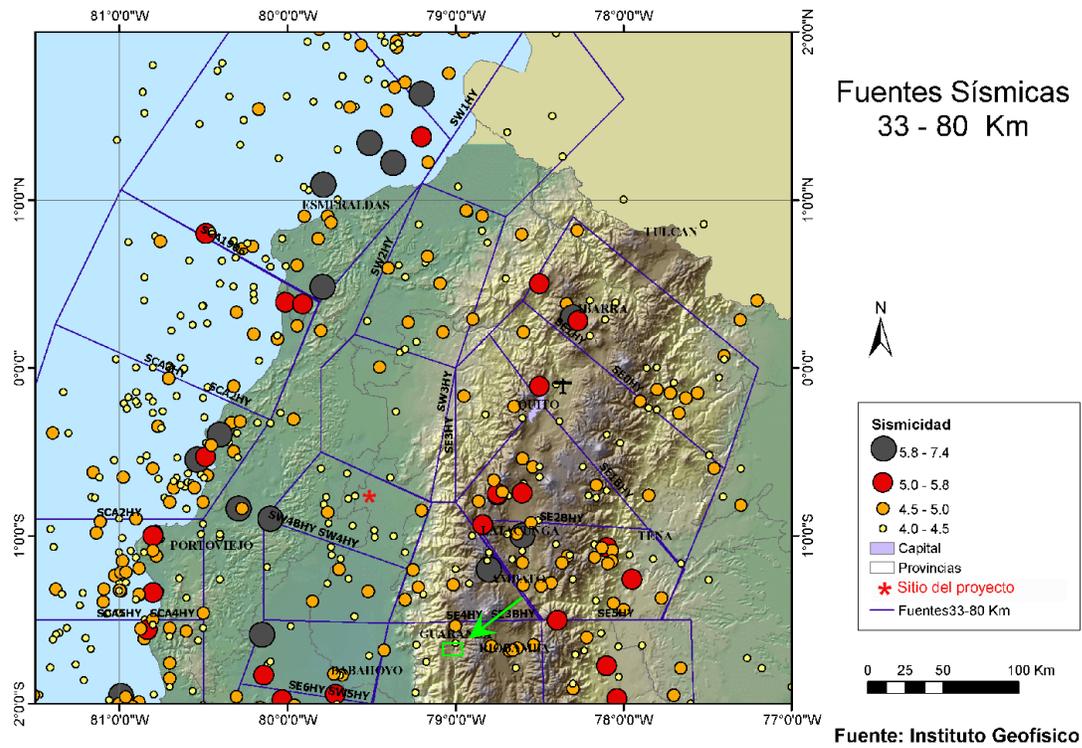
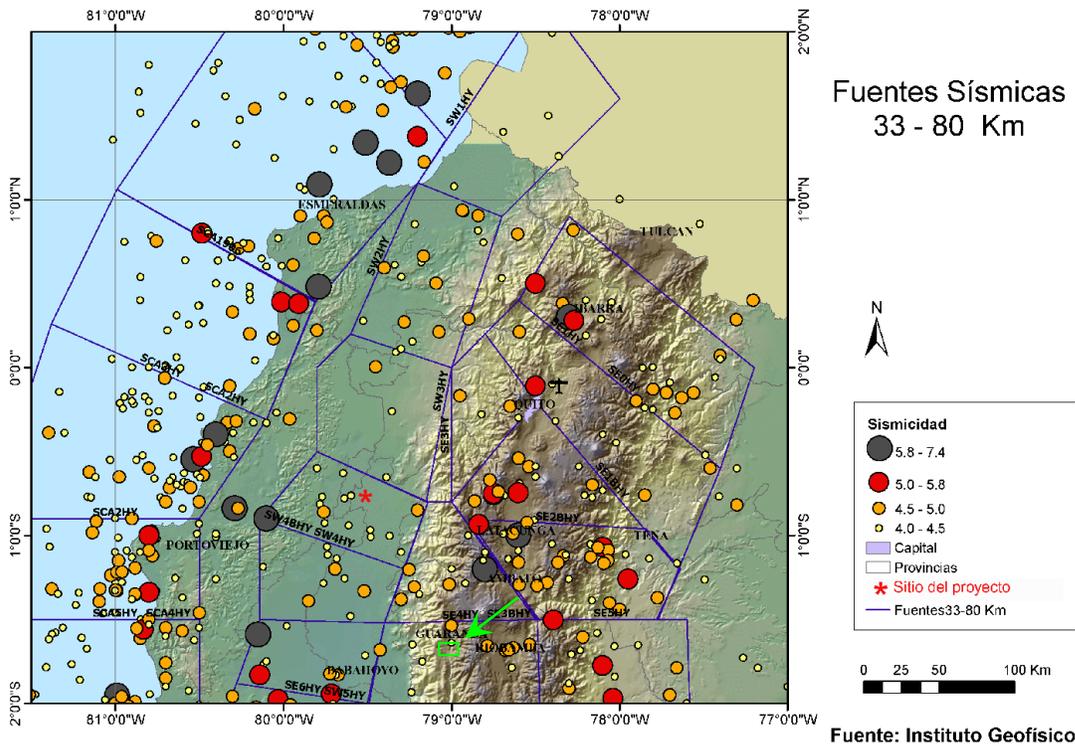
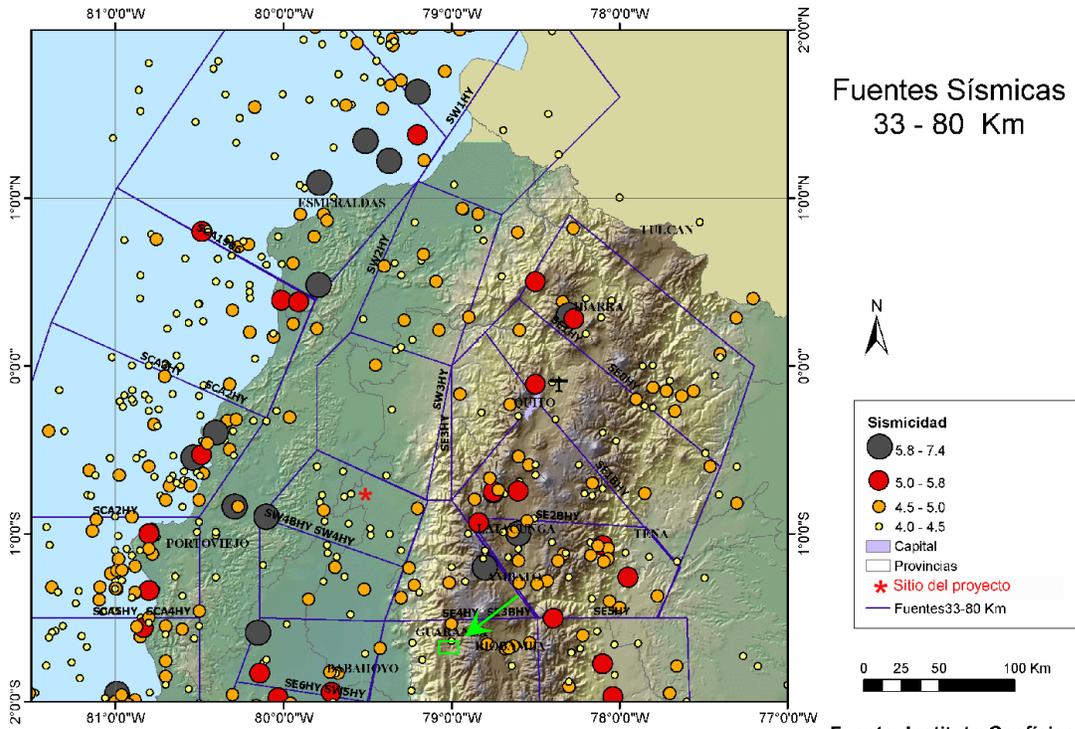


Figura 9: Sismicidad y fuentes sismogénicas superficiales (0 -33 km). Cuadro verde zona de estudio.



10: Sismicidad y fuentes sismogénicas intermedias (33 - 80 km). Cuadro verde zona de estudio.



Susanga hay dos tipos de suelos: Mh1 y Mm2 (Figura 12), que aparecen descritos en el siguiente cuadro.

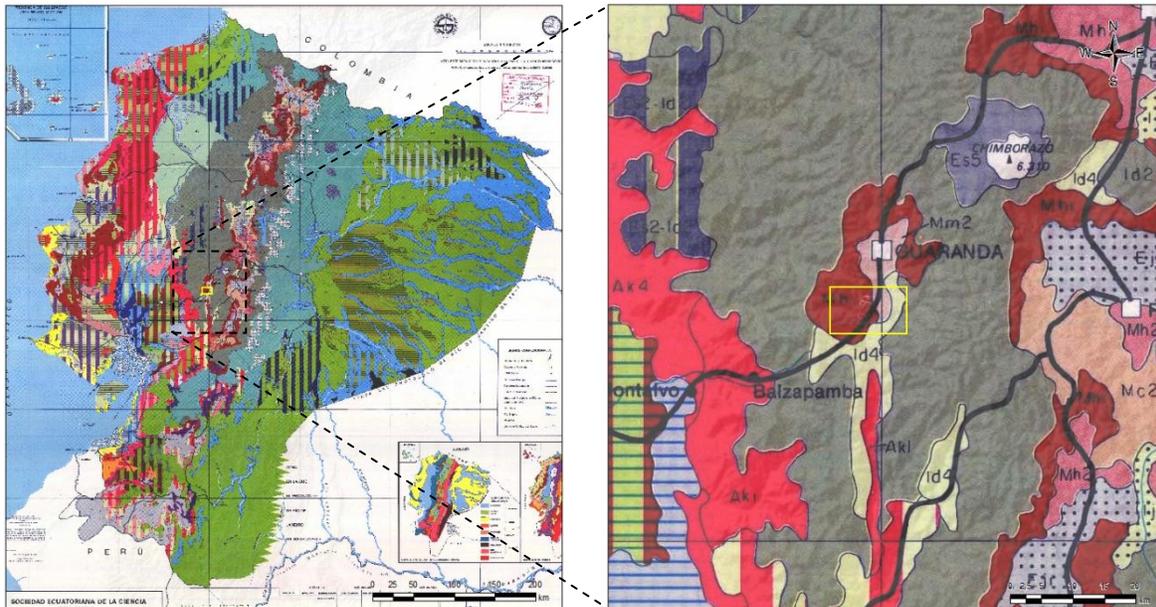


Figura 12.- Arriba: Mapa de suelos de Ecuador (Sociedad Ecuatoriana de Ciencias del Suelo, 1986) y zona de estudio

Cuadro 6.- Descriptivo de los suelos del cerro Susanga.

SUELOS SUSANGA									
CLASIFICACION DEL SUELO			MATERIA L DE ORIGEN	CLIMAS, ZONAS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA		FISIOGRAFIA Y RELIEVE	CARATERISTICAS DE LOS SUELOS		SIMBOL OGIA
ORDEN	SUBORDE N	GRANGRUPO		SECO	TEMPLADO		Con horizonte argilico: ph neutro a ligeramente alcalino	Negros a pardo oscuros; con acumulaci3n de arcilla (50 – 100 cm); a veces sobre cangahua a mas de 1 metro	
MOLLISOLLES. Suelos minerales con superficie muy oscura de gran espesor y rica en C.O (epiped3n m3lico) con presencia de algunos horizontes de mayor desarrollo pedogen3tico, ricos en bases de alta fertilidad	USTOLLS. De 3rea subh3meda s o secas, con sequias frecuentes o fuertes	ARGIUSTOLL	Proyeccion es volc3nicas: ceniza reciente fina y permeable	HUMEDO	FRIO O TEMPLADO	Relieves fuertemente ondulados o socavados de las vertientes norte y centro	Sin horizonte argilico; ph ligeramente 3cido a neutro	Negros; profundo; arenosos finos con limo o limosos con arena; incremento de arcilla en profundidad	Mm2
	UDOLLS No permanecen secos ni siquiera 90 d3as al a3o o 60 d3as acumulados	HAPLUDDL							

FUENTE: MAPA GENERAL DE LOS SUELOS DEL ECUADOR, escala 1: 1'000.000, 1986

Por otro lado, se ha elaborado para este proyecto un mapa de usos del suelo del cerro de Susanga (Mapa 5 Anexo 1). Se han identificado cuatro usos diferentes: (i) las parcelas con pastos abarcan una extensi3n de 27,6 Ha, (ii) las parcelas cultivadas suman un 3rea de

108,9 Ha, (iii) la vegetación arbustiva tiene una superficie de 42,3 Ha, y (iv) las zonas sin uso abarcan 258,6 Ha. El uso de suelo nos indica el fuerte grado de intervención antrópica que ha sufrido esta zona a lo largo de la historia.

3.3.- FLANCO SUROESTE DEL CERRO SUSANGA

3.3.1.- Localización

El área de estudio se encuentra localizada en la unidad geomorfológica del Cerro Susanga, en la ladera occidental del mismo (Mapa 6 Anexo 1). Las coordenadas UTM del punto central de la zona de estudio son 719741 E, 9814960 S. Abarca un área aproximada de 108 Ha y tiene una orientación inicial al oeste, aunque posteriormente se curva hacia el suroeste.

Según el mapa de climas de Ecuador del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la zona de estudio presenta un clima ecuatorial con un régimen térmico templado-frío, subhúmedo y con gran déficit hídrico en época seca. El promedio anual de precipitaciones y temperatura es de 500-750 mm y 12-16°C, respectivamente.

3.3.2.- Topografía

Las curvas de nivel representan un relieve de tipo montañoso (Mapa 7 Anexo 1). La cota mínima es 2405 m.s.n.m en el coliseo de deportes de San José de Chimbo y la máxima 2905 m.s.n.m en la cumbre del cerro, concretamente en el sector de las antenas de comunicaciones.

Según el modelo digital del terreno analizado en un sistema de información geográfica, esta zona presenta unas pendientes que van de 0° a 5° en la parte baja y de 20° a 38° hacia la parte alta (Mapa 8 Anexo 1).

3.3.3.- Geología

La geología del área está compuesta por una cobertura de los volcánicos Guaranda (Pleistoceno), que afloran como estratos de tobas de color amarillo ocre fácilmente

deleznables; los volcánicos Lourdes (Plio-Pleistoceno), afloran en la parte superior del cerro, son tobas dacíticas de color blanco, alteradas a caolín de color rojizo, afectadas por alteración hidrotermal y meteorización. (Mapa 9 Anexo 1)

Formación Volcanicos Lourdes PI-PL.- Dacita porfirítica Brecha roca volcánica con fenocristales de cuarzo y plagioclasa de cuarzo de plagioclasa, de edad terciario con una permeabilidad muy baja, afectadas por procesos hidrotermal (108Ha)



Foto 4: Roca dacítica.

Autor: Montgomery Naranjo G

Fecha: Septiembre 2012

3.3.4.- Geomorfología

El rasgo más destacado de la zona es la falla de dirección suroeste-noreste que recorre la quebrada en su totalidad (Foto 5). Dicha falla, con buzamiento al sureste, provoca una moderada concavidad en la parte alta de la quebrada y una fuerte incisión en la parte baja

Según los datos históricos de 1674, un terremoto desencadenó una avalancha de tierra que se desplazó por dicha quebrada y sepultó a la ciudad de Chimbo, situada a la salida de la misma. (Mapa 10 Anexo 1)



Imágenes de la expresión morfológica de la principal falla de la subzona de estudio. Foto 5.- Izquierda: Morfología cóncava en la zona alta de la falla.- Derecha: Morfología en “V” en la parte baja de la falla.

(Mapa 10. Anexo 1)

En el extremo norte de esta cuenca se han identificado tres concavidades de 70 a 90 m de ancho con una morfología de cuchara típica de los deslizamientos rotacionales exteriores (Foto 6). A unos 200 m ladera abajo de estas cicatrices se ha reconocido el resto de la masa deslizada de unos 100 m de longitud y 50 de ancho.



Foto 6.- Cicatrices de deslizamientos en la parte norte de la zona de estudio, cerca de la divisoria.

También se han identificado otras cicatrices de deslizamiento menores en la mitad sur de esta cuenca (Foto 7), así como desprendimientos de rocas de diferentes tamaños en varios sectores a lo largo del arroyo principal.



Foto 7.- Ejemplos de cicatrices de deslizamientos menores en la mitad sur de la zona de estudio, terminando con un gran deslizamiento al pie de la zona de estudio.

La red fluvial es escasa debido al fuerte control tectónico. El arroyo principal nace a 2670 m de altitud, en un afloramiento estacional de agua situado a 770 m de la divisoria, que en junio de 2012 presentaba un caudal (Foto 8 A). En este punto se ha formado un humedal y aguas abajo el arroyo discurre paralelo a la traza de una falla normal. Al paso de este arroyo confluye por la margen derecha un afluente menor que sigue el rumbo de otra falla normal

paralela a la descrita anteriormente. Aguas abajo, la quebrada se estrecha considerablemente y aumenta la pendiente hasta el punto de formar cascadas (Foto 8 B). A la salida de la quebrada, el agua es desviada hacia un embaulado (Foto 8 C), luego confluye con el río Yanayacu que en junio de 2012 presentaba un caudal (Foto 8 D), y que posteriormente discurre por otro embaulado bajo la población de Chimbo (Foto 8 E).





Foto 8.- Arroyo principal de la zona de estudio. A: Medida de caudal en el afloramiento de agua. B: Cascada en la parte baja de la quebrada. C: Confluencia con el río Yanayacu a través de pequeño embaulado. D: Aforo del río Yanayacu. E: Entrada del río Yanayacu al embaulado que discurre bajo la población de San José de Chimbo.

Las intensas precipitaciones durante las épocas de lluvia, la fuerte pendiente de algunas laderas, la velocidad de la escorrentía superficial y la naturaleza deleznable del material superficial en algunos sectores (Foto 9), propician que la erosión hídrica pueda llegar a ser importante puntualmente, dejando al descubierto la roca base, la cual presenta con indicios de alteración hidrotermal (presencia de caolín como mineral de alteración).



Foto 9.- Imágenes de erosión hídrica en la parte baja de la zona de estudio.

3.3.5.- Sismicidad

La intensidad sísmica en la zona de estudio toma valores comprendidos entre 7,5 y 9 según la escala macrosísmica europea (EMS-98) (Singaicho, 2009). Esta actividad sísmica puede estar asociada fundamentalmente a la actividad tectónica de las fallas cercanas a la zona de estudio (Puna-Pallatanga-Riobamba, Milagro-Guaranda y Chimbo). Según el Instituto Geofísico, el sistema de fallas dextrales que atraviesa el país de suroeste a noreste, desde el

golfo de Guayaquil hasta el nororiente, es la fuente de frecuentes terremotos de intensidad variable, y ha originado la mayoría de los grandes terremotos que han azotado principalmente a la región Interandina.

Terremoto del 29 de agosto de 1674.- Un signo agorero, fatal tuvo que marcar la mejor época de la provincia de Chimbo. Dicen algunos autores una ola de desgracia se extendió sepultado 8 pueblos del Corregimiento. Hay también valiosos historiadores que dicen “La Ciudad de Chimbo y el Corregimiento del mismo nombre finalizan una etapa de grandes tradiciones y una epopeya de gratos recuerdos para los Bolivarenses y en especial para los chimbeños. El 29 de agosto de 1664, hubo el terremoto y en esta fecha causo la ruina completa de todo el Corregimiento de Chimbo, el Padre Bermeo dice: “Por uno de aquellos fenómenos tan frecuentes en los movimientos telúricos, ni en 1645 en que se destruyó la Villa de Riobamba y ni en 1697 en que sepultase en sus propias ruinas el vecino pueblo de Guaranda tuvo que soportar grandes pérdidas el Asiento de San José de Chimbo. El microsismo del 29 de agosto muchas personas ante la esperanza de escapar de la muerte, salieron en busca de un refugio y solo encontraron un fin horripilante, pues todo temblaba, la ruina catastrófica padecieron 8 poblaciones pertenecientes al distrito”

Terremoto del 29 de agosto de 1674.- Un signo agorero, fatal tuvo que marcar la mejor época de la provincia de Chimbo. Dicen algunos autores una ola de desgracia se extendió sepultado 8 pueblos del Corregimiento. Hay también valiosos historiadores que dicen “La Ciudad de Chimbo y el Corregimiento del mismo nombre finalizan una etapa de grandes tradiciones y una epopeya de gratos recuerdos para los Bolivarenses y en especial para los chimbeños. El 29 de agosto de 1664, hubo el terremoto y en esta fecha causo la ruina completa de todo el Corregimiento de Chimbo, el Padre Bermeo dice: “Por uno de aquellos fenómenos tan frecuentes en los movimientos telúricos, ni en 1645 en que se destruyó la Villa de Riobamba y ni en 1697 en que sepultase en sus propias ruinas el vecino pueblo de Guaranda tuvo que soportar grandes pérdidas el Asiento de San José de Chimbo. El microsismo del 29 de agosto muchas personas ante la esperanza de escapar de la muerte, salieron en busca de un refugio y solo encontraron un fin horripilante, pues todo temblaba, la ruina catastrófica padecieron 8 poblaciones pertenecientes al distrito”

En el siguiente cuadro se describe cronológicamente los sismos más importantes que afectaron a la zona de estudio, en base a los reportes obtenidos del Catálogo de Intensidad del IG (en preparac.), información que se utilizó en el proyecto “**Estudio de Evaluación de la amenaza sísmica para la Ciudad de Guaranda. Provincia de Bolívar**” de la Universidad Estatal de Bolívar, y el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2007).

<i>AÑO</i>	<i>MAGNITUD</i>	<i>INTENSIDAD</i>	<i>ZONAS AFECTADAS</i>
1674	7	8	Chimbo, San Antonio, Asancoto, Cerro Susanga, Chapacoto.
1698	7.7	7	Chimbo
1797	8.3	8	Simiatug, San Lorenzo, Chimbo, Santiago, San Miguel
1942	7.9	8	Guaranda, Guanujo, San Simón, Asunción, Magdalena, Santa Fé, Chimbo, San Miguel, Tamban.
1949	6.8	6	San Miguel, Chimbo, Guaranda.
1958	6.5	4	Guaranda, Chimbo
1961	6.4	5	Guaranda, Chimbo
1964	5.7	5	Chimbo
1971	7.5	5	Chimbo
1995	5	6	Guaranda, Chimbo, San Miguel
<p>Cuadro 7.- Cronología de los terremotos que afectaron a Chimbo Fuente: IG/EPN, 2007. Autora: Montgomery Naranjo G</p>			

3.3.6.- Usos del suelo

En el flanco suroeste del cerro Susanga se han identificado cuatro usos de suelo diferentes (Mapa 11 Anexo 1): (i) las parcelas con pastos abarcan una extensión de 12,3 Ha, (ii) las parcelas cultivadas suman un área de 14,9 Ha, (iii) la vegetación arbustiva tiene una superficie de 21,7 Ha, y (iv) las zonas sin uso abarcan 59,1 Ha. El uso de suelo nos indica el fuerte grado de intervención antrópica que ha sufrido esta zona a lo largo de la historia.

3.3.7.- Riesgos

Entre los procesos morfológicos que han actuado y actúan en la zona de estudio, podemos concluir que los que pueden plantear un mayor riesgo serían la falla normal de dirección SO-NE, y la reactivación de la gran masa deslizada tras el terremoto de 1774.

Un nuevo desplazamiento de esta falla normal provocaría el hundimiento y desplazamiento hacia el sureste de la mayor parte del cerro Susanga. Desde una perspectiva geológica, esto podría provocar cambios en la trayectoria del río Chimbo, incluso su represamiento, nuevas fallas normales y escarpes paralelos a la falla principal, desprendimientos, nuevos deslizamientos y reactivación de otros existentes (como el de 1774). Éste a su vez podría ocasionar levantamientos y hundimientos del terreno, grietas, cambios en el trazado de la red fluvial de esta ladera (el río Yanayacu va embaulado en este sector y en principio no se vería afectado), deformaciones internas del terreno que modificarían su funcionamiento hidrogeológico haciendo desaparecer afloramientos de agua existentes y originando nuevos, y modificaciones en el patrón de erosión hídrica.

Desde el punto de vista humano, el desplazamiento de la falla normal o la reactivación de este gran deslizamiento-flujo provocaría cuantiosos daños en los elementos antrópicos, especialmente los situados sobre y al pie del deslizamiento: Edificios, la vía panamericana, el edificio de la Sub Jefatura de tránsito, la estación de servicio de combustible, zonas pobladas apostadas a lo largo de la vía panamericana zonas agrícolas y ganaderas. Las posibles pérdidas humanas y económicas dependerían de la magnitud y velocidad de los movimientos.



Foto 10. Imagen de los elementos expuesto de la zona Sub Jefatura.

Autora: Montgomery Naranjo G

Fecha: septiembre 2012

- ❖ La Vía Panamericana
- ❖ La Subjefatura de Tránsito
- ❖ La estación de Servicio de Combustible
- ❖ El Inicio del Embaulado
- ❖ El Ingreso a la Ciudad
- ❖ Zona Poblado

Los posibles daños dependerían de la magnitud e intensidad del movimiento

3.3.8.- Análisis de susceptibilidad a los deslizamientos

Para el análisis de susceptibilidad se toma en consideración los factores (topográfico, geológico, geomorfológico y Uso de suelos) utilizando la metodología del CLIRSEN, SENPLADES, MAGAP, INIGEMM adaptada a la zona de estudio y como herramienta básica el mapa geomorfológico de la ladera Oeste, del Cerro Susanga considerando los nuevos deslizamientos o reactivaciones de antiguos, así como también se han considerado

los factores desencadenantes como: los movimientos sísmicos naturales o inducidos, y los factores climáticos.

❖ Factor morfométrico

Para el estudio de este factor se toma en consideración la pendiente y la longitud de la vertiente

Rango (%) de pendiente	Peso	Descripción
> 25 – 40	3	Corresponden principalmente a relieves fuertemente disectados.
> 70 – 100	5	Corresponden principalmente a relieves muy fuertemente disectados

Cuadro 8.- Codificación Pendiente.- Fuente CLIRSEN

Fuente CLIRSEN

Elaboración y Diseño: Montgomery Naranjo 2013

Longitud	Descripción
> a 501 m	Muy larga

Cuadro 9.- Codificación Vertiente.-

Fuente CLIRSEN

Elaboración y Diseño: Montgomery Naranjo 2013

❖ Factor litológico

Los factores litológicos son los relacionados con el tipo de rocas de un lugar concreto, la resistencia que ofrecen a los agentes geológicos las distintas rocas es diferente. De este modo, existen unas morfologías asociadas a determinados materiales. Por ejemplo la alteración y erosión de las rocas intrusivas, los procesos de meteorización, suelos licuefactables, poco compactos. Es un factor importante para la evaluación de los

deslizamientos.

Formaciones Geológicas	AREA
PI-PL.- Dacita porfírica Brecha roca volcánica con fenocristales de cuarzo y plagioclasa de cuarzo de plagioclasa. Afectada por procesos hidrotermal	108 Ha.

Cuadro 10.- Codificación Uso del Suelo

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y Diseño: Montgomery Naranjo 2013

❖ Factor uso del suelo

El deterioro del suelo es la consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre. Bien como resultado de actuaciones directas, como agrícola, forestal, ganadera, agroquímicos y riego, o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte.

Categoría	Peso	Calificativo
Vegetación Arbustiva (21.7 Ha.)	0.20	Baja
Parcelas con Pasto (12.3 Ha)	0.11	Media
Parcelas Cultivadas (14.9 Ha.)	0.13	Alta
Zonas Sin Uso (59.1 Ha.) afectadas por erosión hídrica, eólica y procesos antrópicos	0.54	Alta

Cuadro 11.- Codificación Uso del Suelo

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y Diseño: Montgomery Naranjo 2013

ANALISIS DE LA AMENAZA

❖ Factores Desencadenantes

Las lluvias intensas pueden generar movimientos de taludes o de vertientes inestables. La relación de temperatura, viento, precipitaciones, humedad, sismos, pequeños terremotos, deforestación, excavaciones al pie del talud, actividad minera puede crear un desequilibrio en la superficie del terreno, ya que estos actúan como un elemento de apoyo del terreno.

Intensidad EMS	Calificativo	Magnitud estimada
VII - VIII	Daños severos	La mayoría de la gente se asusta y corre al exterior. Los muebles son desplazados y se caen de repisas. Muchos edificios ordinarios bien contruidos sufren daños moderados, pequeñas grietas en los muros, en los edificios antiguos se pueden mostrar grandes grietas en los muros y fallas en las paredes
IX	Destructivo	Pánico general. Muchas construcciones débiles colapsan. Incluso los edificios ordinarios bien contruidos muestran daños serios fallas graves en los muros y fallas estructurales parciales.

Cuadro 12.- Codificación Magnitud EMS

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Las intensas lluvias aceleran o provocan que la resistencia del suelo se reduzca originándose los deslizamientos de tierra.

Precipitaciones	Calificativo
500 m	Bajo
750 m	Medio

Cuadro 13.- Codificación precipitación

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

GRADO DE AMENAZA DE LAS UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Teniendo en cuenta los máximos valores obtenidos en el análisis de amenazas por tipo de movimiento en masa, se categorizará la amenaza de las unidades geomorfológicas en: bajo, medio y alto.

❖ Factor Morfometrico

Rango	Factor	Susceptibilidad
0 -25	1	Bajo
> 25 – 40	2	Medio
> 70 – 100	3	Alto

Cuadro 14.- Calificación de la Pendiente

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Longitud	Factor	Susceptibilidad
> a 501 m	3	Alta

Cuadro 15.-Calificación de la Vertiente.

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013.

❖ Factor litológico

Formaciones Geológicas	Susceptibilidad	Factor
PI-PL.- Dacita porfirítica Brecha roca volcánica con fenocristales de cuarzo y plagioclasa de cuarzo de plagioclasa. Afectada por procesos hidrotermal	Alta	3

Cuadro 16.- Calificación Formaciones Geológicas.

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

❖ **Factor uso del suelo**

Categoría	Calificativo	Factor
Vegetación Arbustiva (21.7Ha)	Baja	1
Parcelas con Pasto (12.3 Ha)	Media	2
Parcelas Cultivadas (14.9Ha.)	Alta	3
Zonas Sin Uso (59.1Ha.) afectadas por erosión hídrica, eólica y procesos antrópicos	Alta	3

Cuadro 17.- Calificación Uso del Suelo.

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Morayma Mesa 2013

FACTORES DESENCADENANTES

Intensidad EMS	Factor	Susceptibilidad
VII – VIII	3	Alta
IX	3	Alta

Cuadro 18.- Calificación Sismos EMS.

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

De acuerdo a datos obtenidos de la Estación Meteorológica del Instituto Tres de Marzo de San José de Chimbo, el promedio anual de precipitaciones en este sector es de 763,77 mm, con una temperatura máxima de 19,79 °C y temperatura mínima de 9,31 °C respectivamente, la humedad relativa es de 11,43, los vientos dominantes soplan hacia el noreste con velocidades que oscilan entre 2 a 10m/s por lo general en época de verano, la zona permanece nublada entre los 4 y 7 octavos en época de precipitaciones y entre los 2 y 4 octavos en época de verano (Fuente: Estación Meteorológica Tres de Marzo, tomado por García G. 2013)

Precipitaciones	Factor	Susceptibilidad
500 m	1	Bajo
750 m	2	Medio

Cuadro 19.- Calificación de precipitación.

Fuente: CLIRSEN

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

○ **FACTOR GEOMORFOLOGICO**

Contenido	Factor	Susceptibilidad
Cicatrices	1	Bajo
Humedales	2	Medio
Zona de erosión hídrica	2	Medio
Masa Deslizada	2	Medio
Reptaciones	3	Alto
Fallas	3	Alto
Afloramiento de agua	3	Alto
Afloramientos de roca	3	Alto

Cuadro 20.- Calificación Geomorfología.

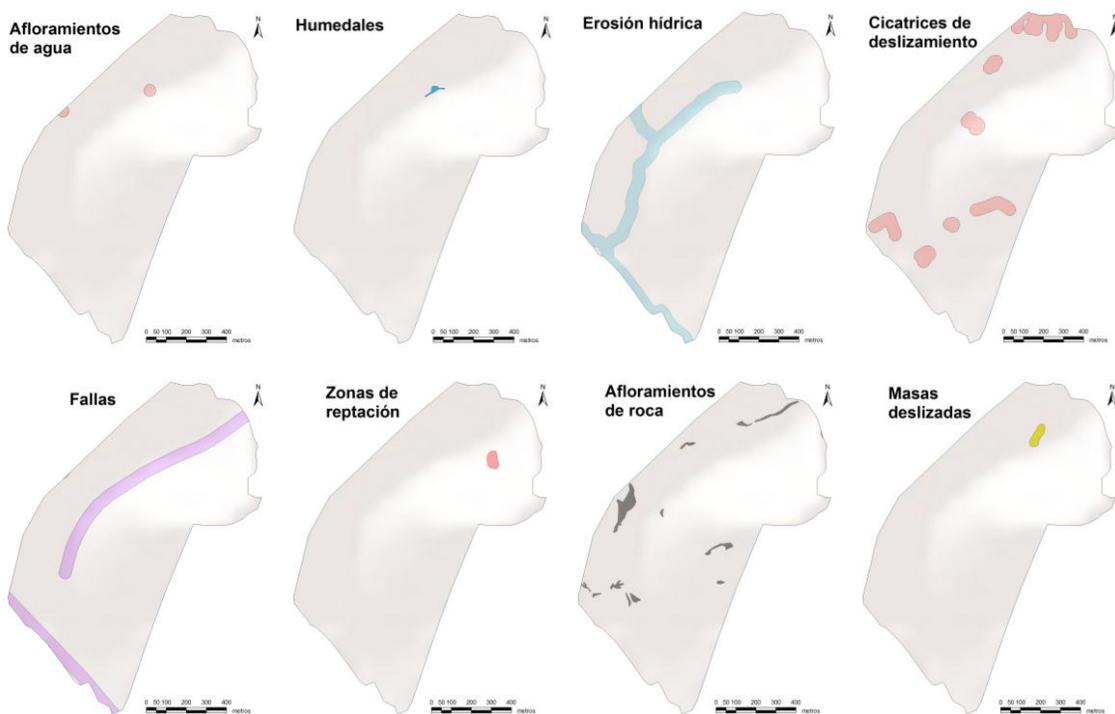
Fuente: CLIRSEN

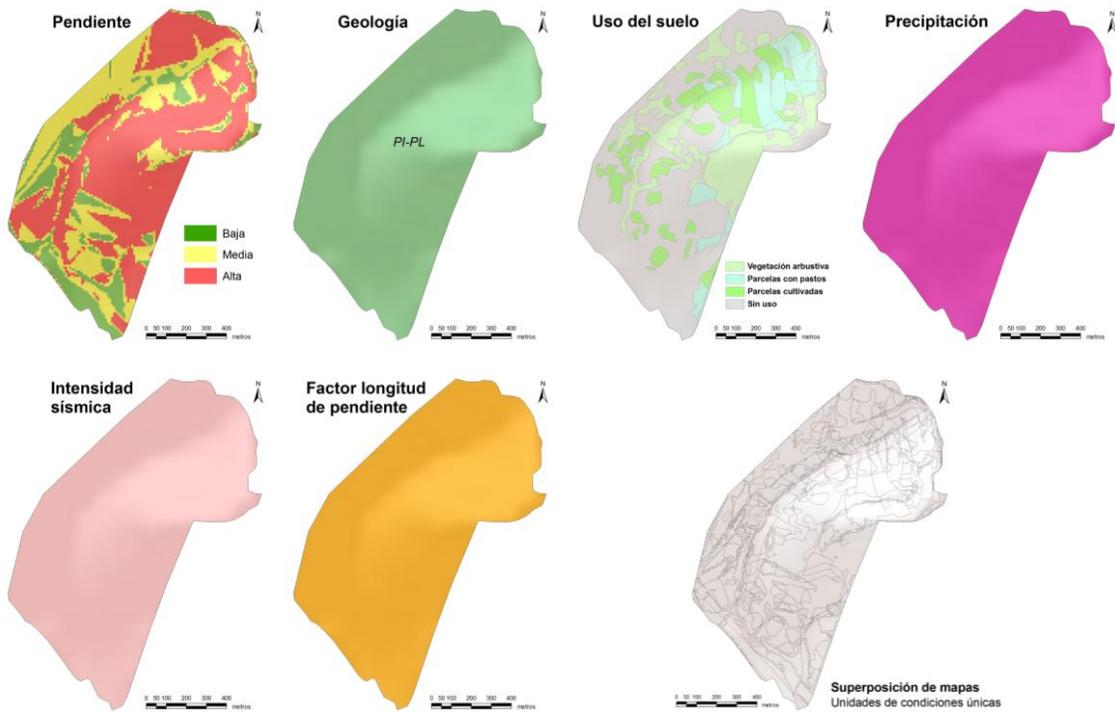
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Con toda la información de campo recopilada y la información topográfica, geológica, geomorfológica, uso de suelos se procedió a elaborar el mapa de Susceptibilidad a los deslizamientos.

Los pasos utilizados para la obtención del mapa final de susceptibilidad fueron los siguientes:

- ❖ Selección de los parámetros implicados en la inestabilidad. De acuerdo a las observaciones de campo y a la información disponible los parámetros seleccionados fueron: pendiente, geología, uso del suelo, geomorfología, sismos y precipitaciones
- ❖ Para cada factor a evaluar se definieron clases y a cada clase se les asignó un peso porcentual.
- ❖ Superposición de capas con ayuda del programa ArcGIS, utilizando el álgebra de mapas. La suma de los pesos a las diferentes capas da como resultado el mapa de susceptibilidad.





Mediante la superposición y álgebra de mapas se ha obtenido en cada polígono la suma de los pesos asignados a cada variable. Los resultados de dicha suma se han agrupado en 3 clases y se ha asignado un color a cada una de ellas mediante ArcGIS generando así un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos (Mapa 12 Anexo 1), Los diferentes colores del mapa pretenden hacer que la visualización de los valores de susceptibilidad de futuros deslizamientos sea más sencilla.

BAJA	1-4	
MEDIA	5-7	
ALTA	8-13	

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Una manera cualitativa de contrastar o validar el mapa consiste en comparar lo *pronosticado* por el mapa con lo *observado* en la realidad. Para ello se ha superpuesto a dicho mapa la ubicación de cicatrices de deslizamiento y las reptaciones (Mapa 12 Anexo1), así se puede apreciar visualmente el ajuste del mapa de susceptibilidad a la realidad.

Como puede observarse en dicho mapa, la mayor parte de las cicatrices de deslizamiento situadas en las partes superior, media e inferior de la zona de estudio coinciden con zonas de susceptibilidad alta (rojo). El resto de cicatrices se encuentran en zonas de susceptibilidad media (amarillo). Sin embargo, cabe destacar que éstas se localizan muy próximas a zonas de alta susceptibilidad (rojo). Del mismo modo, las reptaciones identificadas en la parte alta de la zona de estudio también coinciden con zonas de alta susceptibilidad (rojo). Por lo tanto, podemos concluir que el mapa de susceptibilidad creado en este estudio, mediante la asignación de pesos a cada variable considerada, la posterior superposición de dichas variables o mapas y finalmente el álgebra de mapas, pronostica de manera muy satisfactoria las laderas que muestran mayor propensión a experimentar roturas y generar deslizamientos.

A diferencia del flanco Este del cerro Susanga, en este flanco Suroeste no se aprecia un claro patrón en cuanto a la distribución de las zonas de alta, media y baja susceptibilidad. Las “manchas” de colores están distribuidas de manera bastante aleatoria, probablemente debido a la nula influencia de la geología (PI-PL en toda la zona) y al fuerte control que ejercen otras variables como la pendiente, el uso del suelo, los afloramientos de roca, y la proximidad a fallas.

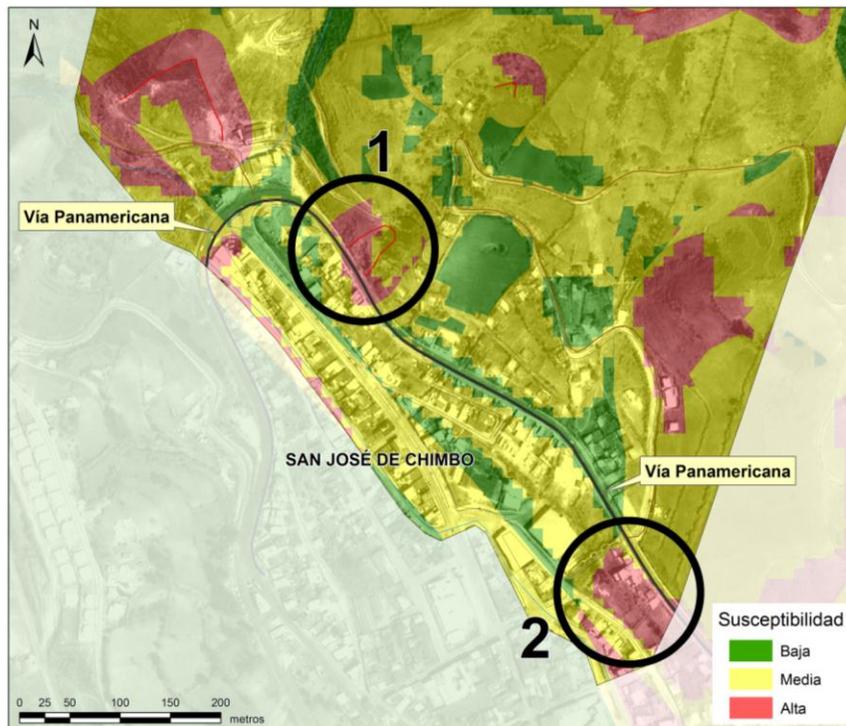
El mapa pone de manifiesto que la amenaza está presente en numerosos sectores de la zona de estudio. Sin embargo, la vulnerabilidad es muy baja debido a que apenas existen infraestructuras ni edificios en la zona. El camino de tierra que asciende desde San José de Chimbo hasta la cumbre del cerro Susanga discurre por zonas de susceptibilidad baja a media.

El extremo inferior de la zona de estudio presenta algunos elementos expuestos correspondientes a la población de San José de Chimbo (edificios, embaulado) y vía Panamericana. Como puede apreciarse en la (Mapa 12 Anexo 1), el mapa predice dos zonas

de mayor vulnerabilidad. El círculo 1 corresponde a un sector en el que los elementos expuestos son la vía Panamericana y a los edificios adyacentes. En 2010, un deslizamiento afectó a este sector produciendo daños moderados en dicha vía y edificios (El círculo 2 indica una ladera de fuerte pendiente situada inmediatamente ladera abajo de la vía Panamericana. En dicha ladera existen unas escaleras de hormigón y un pequeño grupo de edificios. Hasta el momento no se tiene constancia de daños en este sector.



Foto 11: Evidencia de un gran deslizamiento



Fuente: Acosta E.

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

3.3.9.- Desarrollo social y económico de San José de Chimbo

Se tomó en cuenta al barrio Cantera, San Francisco, Divino Niño, San José, asentada en la ladera del flanco Oeste, con un número de habitantes de 155, de edades comprendidas entre 20 a 45 años, al ser asentamientos nuevos no se ha previsto ningún riesgo, y no poseen servicios básicos con la debida aceptación y los permisos correspondientes, las construcciones son edificadas de forma casera sin ninguna supervisión técnica, se lo hace a la usanza antigua, es por tal motivo que la vulnerabilidad social se acentúa.

Los nuevos moradores

Servicios y necesidades básicas:

Los servicios básicos son muy deficientes en este sector, considerando que están a escasos metros de la cabecera cantonal, la basura es recolectada con un servicio deficiente e intermitente por el carro recolector de la basura y parte de la misma es enterrada o a su vez depositada en las quebradas del sector, la falta de agua potable hace que no se cumplan los principios de saneamiento básico.

En lo que se refiere al servicio telefónico al momento está ampliando su cobertura, pero continúa con ciertas limitaciones.

Caracterización económica

Agroproducción: En lo que se refiere a la agricultura, los cultivos más importantes son maíz, fréjol, arveja y trigo

Vialidad.

Las calles principales del acceso a estos barrios son adoquinadas, pero hay que señalar que es muy deficiente en este sector ya que aun no se encuentra atendido por el Gad cantonal, como se dice en líneas superiores los barrios son completamente nuevos y necesitan Organización para que busquen el camino más adecuado para que sus peticiones sean atendidas.

Vulnerabilidad de la Comunidad Cantera, San Francisco, Divino Niño, San José

Riesgos y amenazas:

La principal amenaza que se ha identificado en estos barrios es el asentamiento indiscriminado en una forma anti técnica, considerando que puede ocurrir una posible reactivación de un macrodeslizamiento. La infraestructura en la mayoría de viviendas existentes en estos barrios son mixtas, construcciones antiguas, haciendo evidente su vulnerabilidad, cabe señalar que también existen edificaciones modernas pero que denotan su escasa vigilancia técnica.

Existe también un desconocimiento total sobre gestión de riesgo, no existe comité barrial, comité de emergencia, brigadas de seguridad, de primeros auxilios de evacuación, no han recibido capacitación alguna sobre estrategias de prevención frente a eventos adversos.

INFRAESTRUCTURA	SUSCEPTIBILIDAD
Barrio San Francisco	Medio
Barrio Divino Niño	Medio
Barrio San José	Medio
Estación de Servicio de combustible	Alto
Asociación 23 de Abril	Alto
Sub Jefatura de tránsito	Alto

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Parroquias urbanas: Chimbo central

Parroquias rurales: San Sebastián, la Asunción, la Magdalena, Telimbela

Organizaciones públicas:

Alcaldía, Juntas parroquiales, Jefatura Política, Comisaría Nacional, Juzgado II de lo Civil, Registro Civil, Bomberos, ANDINATEL, UNE Cantonal, Registrador de la Propiedad, Ext. Universidad de Bolívar, Instituto 3 de Marzo, Colegio Corina Parral, Colegio Nocturno Chimbo, Escuela Rafael J Bazante, Escuela Nocturna Chimbo, Escuela Alejandro Sergio Bermeo, Subcentro de Salud, Escuela Secaira, Jardín de Infantes Telmo N Vaca, Colegio La Asunción Colegio La Magdalena, Colegio Gustavo Lemos, Subjefatura de Tránsito, Destacamento de Policía, Subcentros de Salud de La Asunción, La Magdalena Y Telimbela

Organizaciones sociales:

Liga Deportiva Cantonal, Sindicato de Choferes, Asociación de Pequeños Comerciantes la Merced , Asociación de Artesanos 22 de Abril, Asociación de Mujeres Chimbeñas en Acción, Asociación de Mujeres Caja Cooperativa San José, Asociación PRODEME, Asociación ASOPROCH, Asociación de Agricultores La Dolorosa, OCICH.

Población:

La población es esencialmente rural, únicamente el 26,04% constituye población urbana.

Educación:

Chimbo es uno de los cantones en menor analfabetismo en la provincia, sin embargo este valor sigue siendo alarmante en relación a otras provincias.

Social:

Con relación a la provincia, la población chimbeña es la que menor brecha de pobreza de consumo tiene pero la pobreza por necesidades básicas insatisfechas es alarmante.

Ocupación:

La mayoría de la población económicamente activa está ocupada en el sector primario donde sobresalen las actividades agropecuarias pero es también importante el desarrollo terciario relacionado a la manufactura y la pequeña industria

Caracterización económica

Agroproducción: En lo que se refiere a la agricultura, los cultivos más importantes son maíz, fréjol, arveja y trigo, además de productos de clima tropical que se encuentran en el sector de Telimbela y otras pequeñas extensiones de territorio subtropical que tiene el cantón.

La producción pecuaria tiene menor importancia que la agrícola, debido fundamentalmente a la poca superficie de las UPA y la disponibilidad de grandes superficies de pastizales.

Zonas de desarrollo económico

Chimbo Central es la zona principal de actividad económica, sus estrechas calles nos delatan la incidencia artesanal que encierran historia y tradición, contrastando con la

invalorable experiencia de manos laboriosas conocidas en todo el país, aquí tallan la madera, amoldan la arcilla, juegan con la pólvora y el papel, se amasa la harina, se funde el duro metal y se le da un sabor exquisito a la carne, ligado todo esto al carácter amable y entusiasta de su gente.

Turismo: Su mayor expresión se desarrolla en El Santuario del Huayco, Basílica en la que se rinde devoción a la Virgen de El Huayco, su mentalizador e impulsor fue Monseñor Cándido Rada, estas fiestas se celebran el 8 de Septiembre de cada año. El Santuario de El Valle es otro lugar religioso que recibe la visita de innumerables peregrinos que impulsados por su profunda fe religiosa viajan hasta este lugar que está ubicado en la parroquia Telimbela. Las Cavernas de Ashcohuaca y el Susanga son también destinos turísticos, sitios naturales a donde las familias y amantes de la naturaleza viajan para distraerse.

Pequeña industria y artesanía

Es la mayor actividad económica en la ciudad de Chimbo, sobresale la ebanistería (guitarras, requintos, charangos, mueblería), pirotecnia, armería, cerámica y la gastronomía.

Comercio: Se destaca el comercio de las artesanías (Pirotecnia, Armería, Ebanistería, Cerámica) y los productos agropecuarios. El comercio informal (Panadería, Gastronomía) es muy significativo, por lo que se constituye en la fuente del sustento familiar sobretodo de La mujer Chimbeña

Servicios financieros para el desarrollo

Económico: Las principales instituciones que ofrecen soporte al desarrollo económico en el cantón son: Banco del Pichincha y Coop. De Ahorro y Crédito San José Ltda.

Ordenamiento territorial: No existe ningún tipo de ordenamiento urbano ni rural en el cantón

3.4 ENCUESTAS

DATOS UBICACIÓN GEOGRAFICA

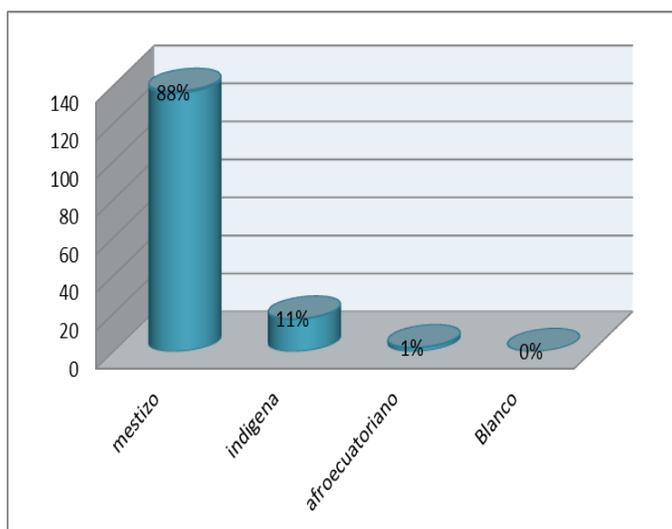
PROVINCIA: Bolívar

CANTON: San José de Chimbo

SECTOR: La Cantera, Divino Niño, San Francisco, San José

II DATOS GENERALES DE LA ENCUESTA

2.1 Grupo étnico que pertenece?



Fuente: Trabajo de campo

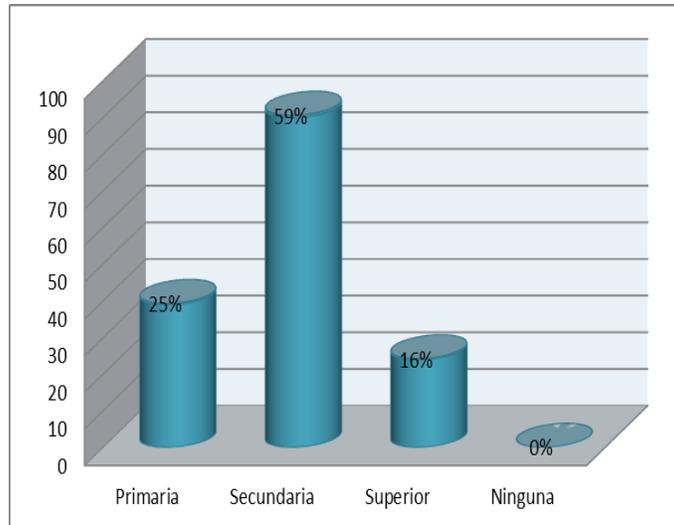
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

De las 155 personas encuestadas en los sectores de San Francisco, Barrio Divino Niño, La Cantera, San José, el 88% es de etnia mestiza y el 11% es indígena y 1% restante es afroamericano. Cabe destacar que la población indígena se centraliza en el sector de la Cantera.

III VULNERABILIDAD SOCIAL

3.1 Nivel de Instrucción del Jefe de la Familia:

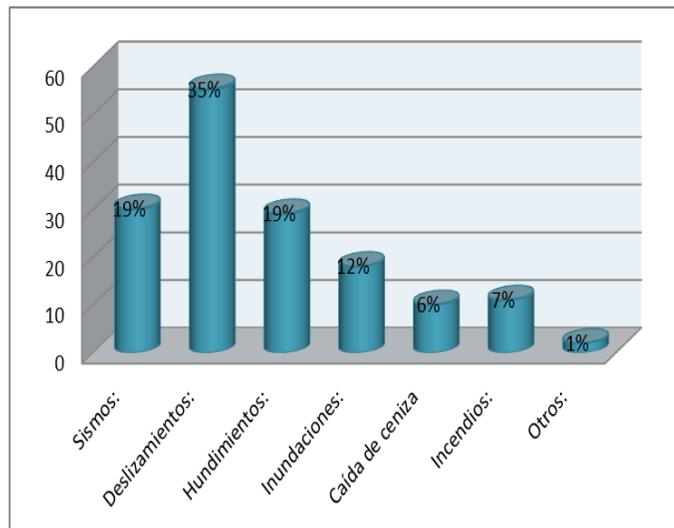


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Un 59% de la población encuestada ha cursado estudios secundarios. El 25% sólo alcanzó el nivel primario y el 16% restante adquirió estudios superiores.

3.1 Qué tipo de amenazas o peligros considera Usted que está expuesta su barrio?

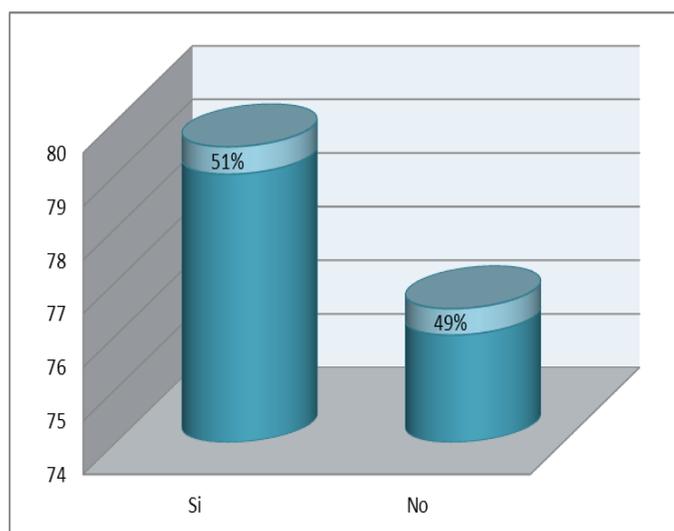


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Un 35% de la población considera que la principal amenaza a la que está expuesta la zona de estudio son los deslizamientos. Con un porcentaje del 19% piensa que es los sismos y hundimientos En menor medida estarían la caída de cenizas (6%) y los incendios (7%).

3.2 Conoce si alguna vez ha ocurrido un desastre en su barrio o comunidad?



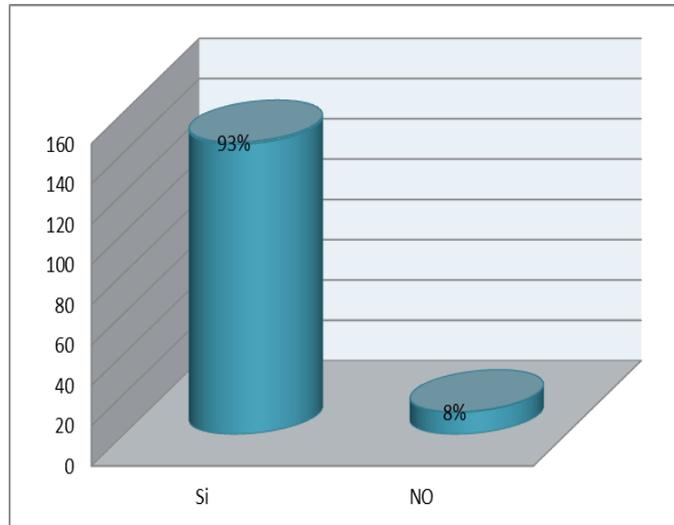
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

El 51% de la población encuestada de los barrios la Cantera, Divino Niño, San Francisco y San José, recuerdan el deslizamiento que ocurrió en el barrio Tamban.

3.3 Considera que su vivienda es vulnerable ante algún tipo de desastre?

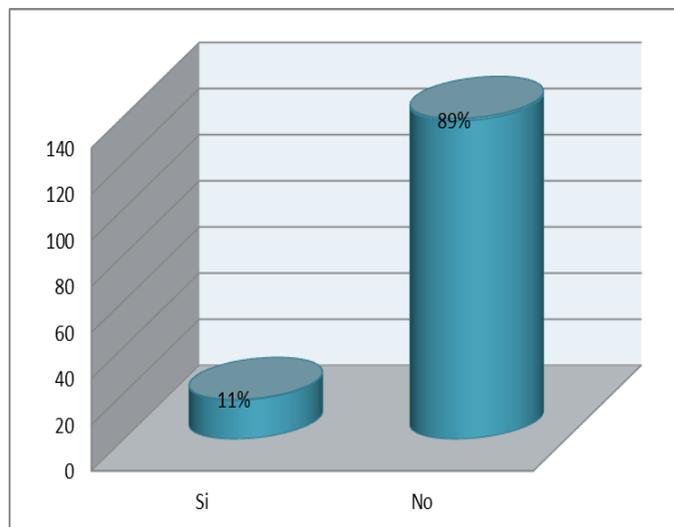


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

El 93% de las personas encuestadas consideran que su vivienda podría verse afectada por algún tipo de desastre.

3.4 En caso de presentarse algún desastre su familia sabe cómo actuar?

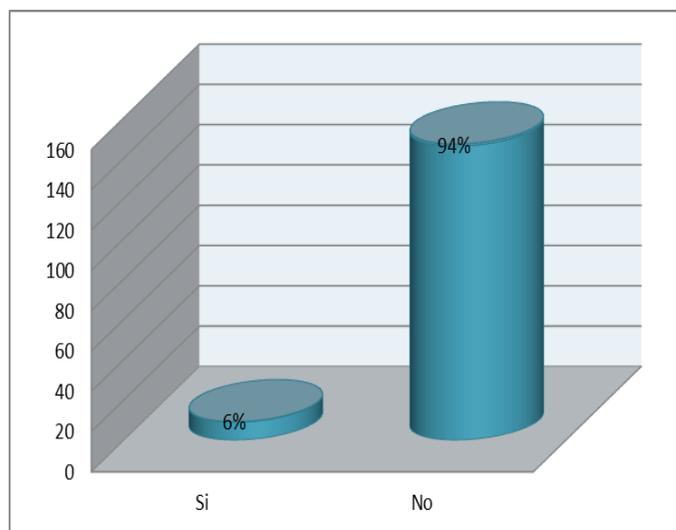


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Sólo el 11% de las personas entrevistadas sabrían cómo actuar en caso de presentarse algún desastre.

3.5 En el último año ha recibido algún tipo de capacitación en Gestión del Riesgo?



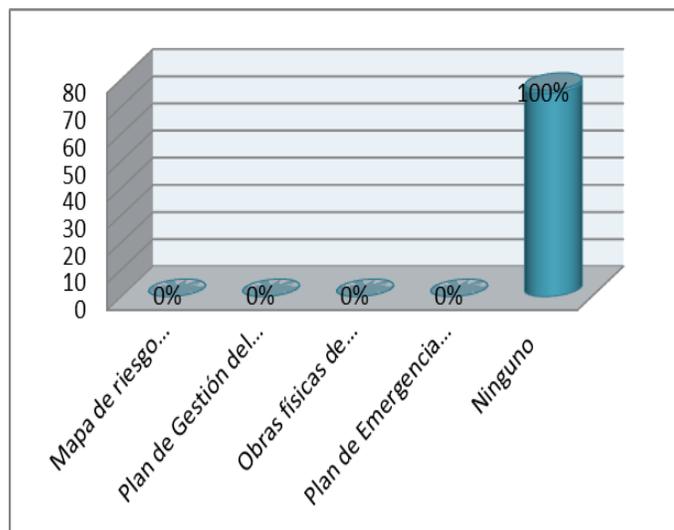
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Un 6% de las persona de este sector urbano de San José de Chimbo ha recibido capacitación en gestión del riesgo.

3.6 Cuál de los siguientes instrumentos de gestión del riesgo dispone su barrio?

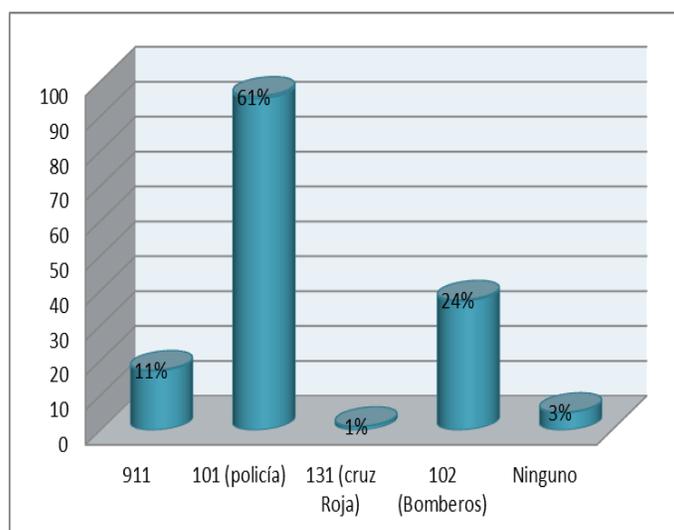


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Según los datos aportados por la encuesta realizada, no existe o nadie tiene conocimiento de que existan instrumentos para la gestión del riesgo en este barrio de Chimbo.

3.7 Cuál de los siguientes números de emergencia conoce?



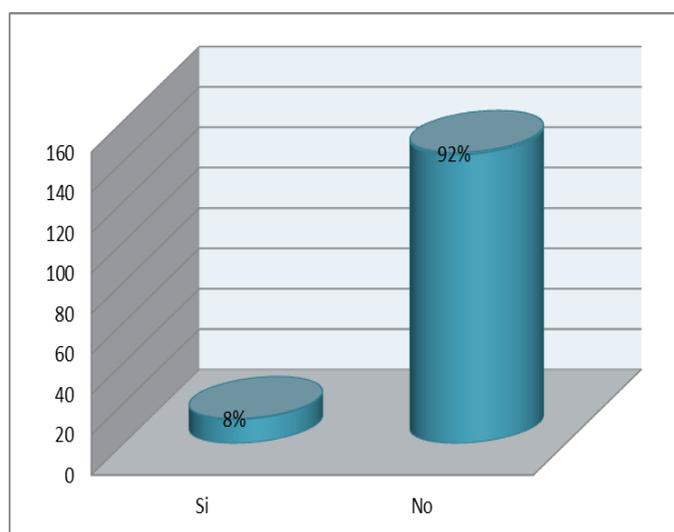
Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

En caso de emergencia, desastre un (61%) de la población llamaría a la policía. Un (24%) a los Bomberos, el (11%) al 911, el (1%) a la Cruz Roja. Sólo el 3% de los entrevistados no llamarían a ninguna institución.

IV VULNERABILIDAD ECONOMICA

4.1 ¿Tiene usted contratado un seguro del hogar?



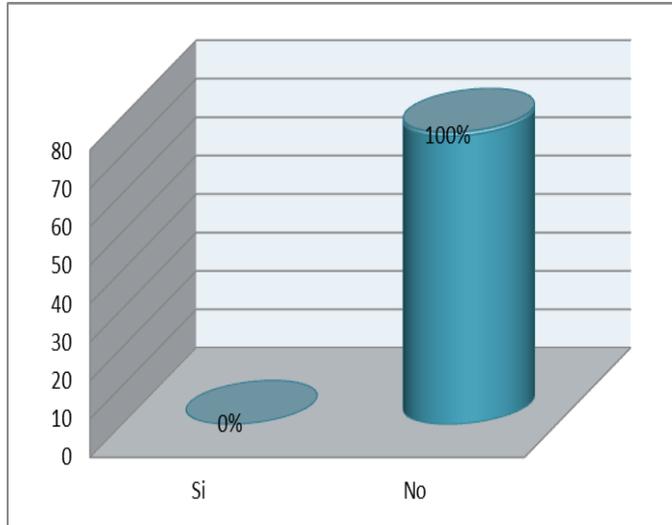
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

La mayor parte de los encuestados (92%) carecen de seguro del hogar, mientras que el (8%) sí tiene una póliza de seguro que cubre parcialmente los daños en la vivienda en caso de desastres esto es en el caso de la parte urbana Central de San José de Chimbo.

4.2 En caso de no tener seguro, ¿tiene usted ahorros para hacer frente a reconstrucciones después de desastres?



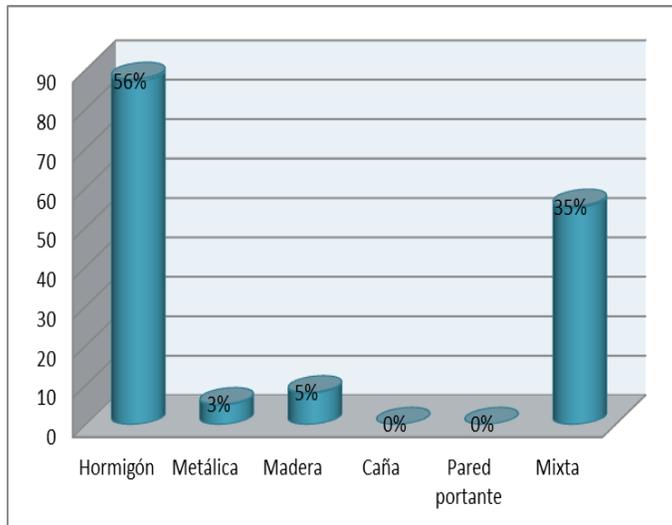
Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Todos los entrevistados disponen de escasos recursos económicos y no podrían costear la reconstrucción de sus viviendas en caso de desastre.

V VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

5.1 Características de las edificaciones

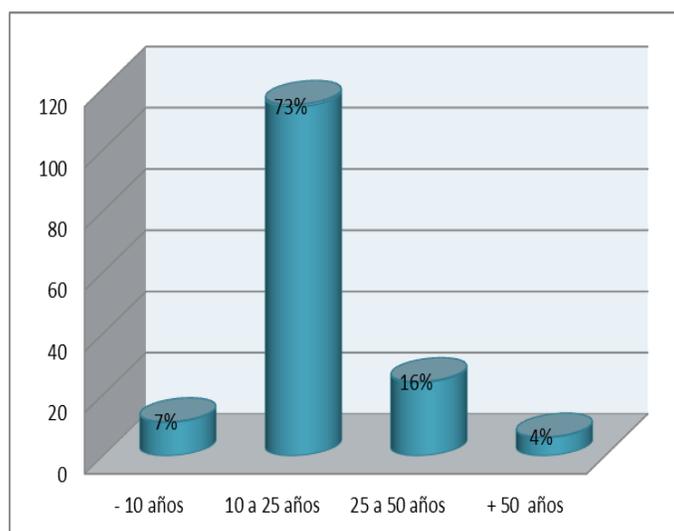


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

La estructura de los edificios de la zona de estudio es fundamentalmente de hormigón armado (56%). La estructura metálica es la opción menos frecuente (3%), la madera se emplea en un 5% de los casos, y las estructuras mixtas representan el 35% del total.

5.2 Año de construcción de la vivienda



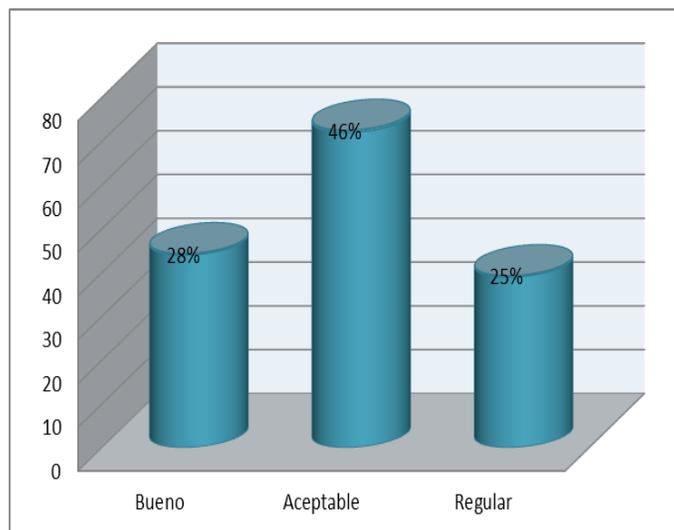
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

La mayor parte de las personas entrevistadas (73%) habitan en viviendas de 10-25 años. Las casas de 25-50 años ocupan la segunda posición con un 16%. Las casas modernas, de menos de 10 años, representan sólo el 7%, y las casas habitadas de más de 50 años son las menos frecuentes con un 4% del total.

5.3 Estado de Conservación

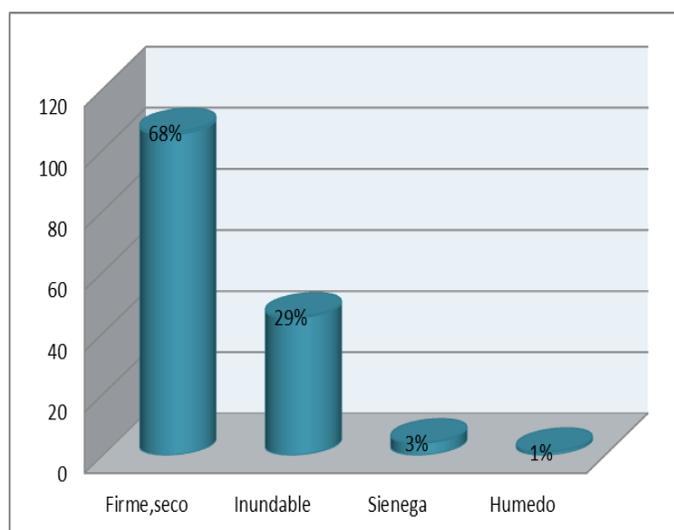


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Un (28%) de la población encuestada vive en casas en buen estado de conservación, el (46%) lo considera que es aceptable, mientras que el (25%) restante manifiesta que el estado de su vivienda se encuentra regular debido a la situación económica.

5.4 Suelo sobre el cual se ha construido

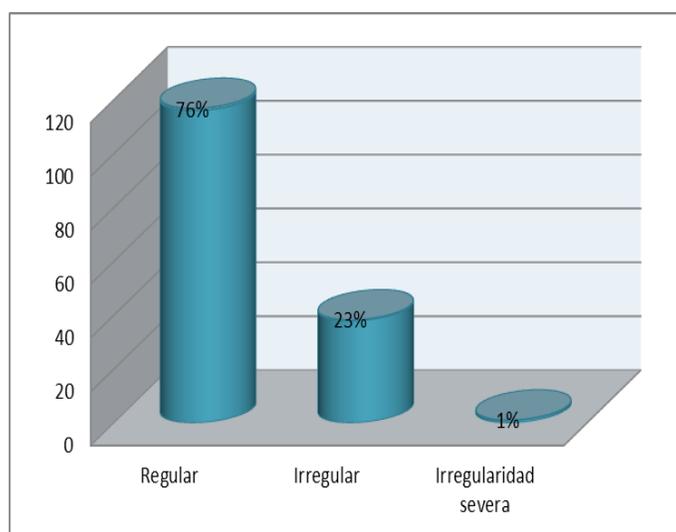


Fuente: Trabajo de campo
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

El 68% de la población encuestada indican que el suelo es firme y seco donde están construidas sus casas conocen como Todas las personas encuestadas viven en casas que fueron construidas sobre suelo firme y seco y evitaron construir en zonas inundables, húmedas o de Ciénega

5.5 Forma de la Construcción



Fuente: Trabajo de campo

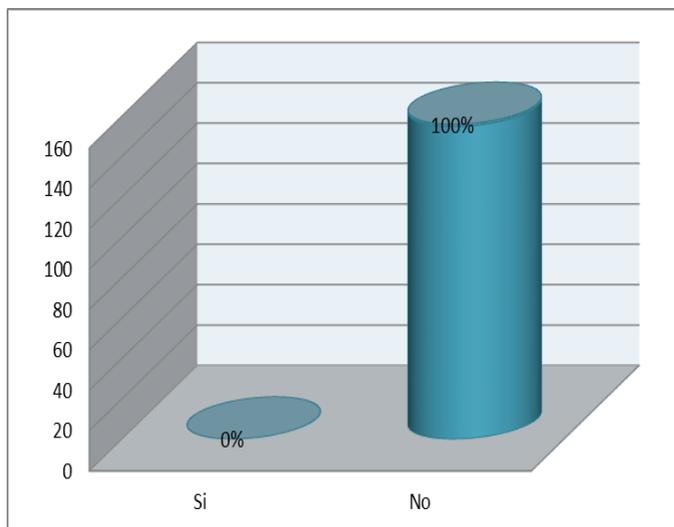
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Durante la fase de trabajo de campo se comprobó que la mayor parte de las viviendas de la zona de estudio (76%) están bien construidas y tienen forma regular. El resto de las casas están mal acabadas y presentan irregularidades moderadas (23%) o severas (1%).

VI VULNERABILIDAD AMBIENTAL

6.1 Existe alguna zona con especial valor medioambiental (lagunas, humedales, afloramientos y vertientes de agua, zonas de pasto, etc):



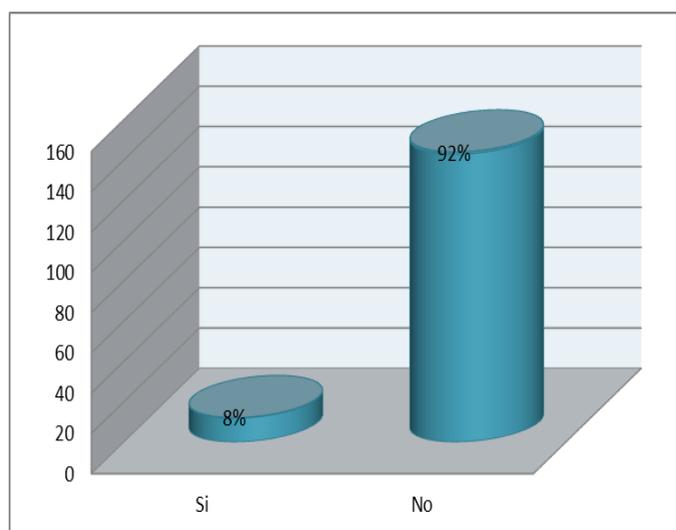
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

No existen zonas con especial valor medioambiental.

6.2 Conoce si se han realizado acciones de forestación y reforestación en zonas de riesgo de su barrio?



Fuente: Trabajo de campo

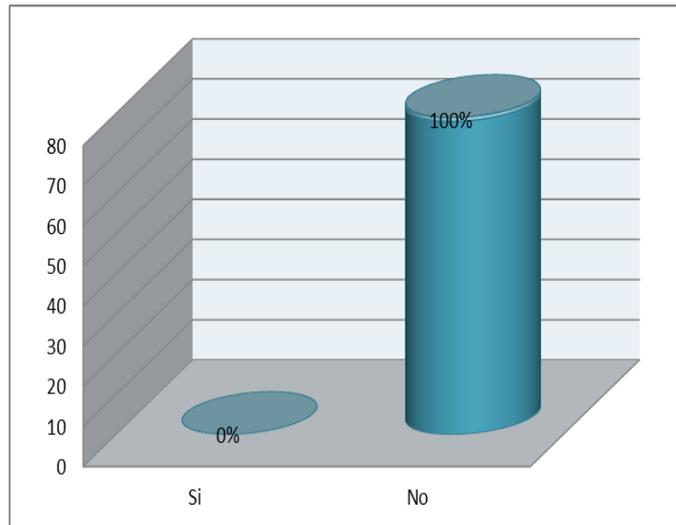
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

En el área urbana de San José de Chimbo, el (8%) de las personas entrevistadas tiene conocimiento que si se han realizado trabajos de forestación o reforestación en zonas cercanas a su barrio, y más de la mitad de entrevistadas (92%) consideran que nunca se ha preocupado alguna institución por realizar dichos trabajos

VII CAPACIDADES

7.1 Ha participado en alguna simulación/simulacro en su barrio?



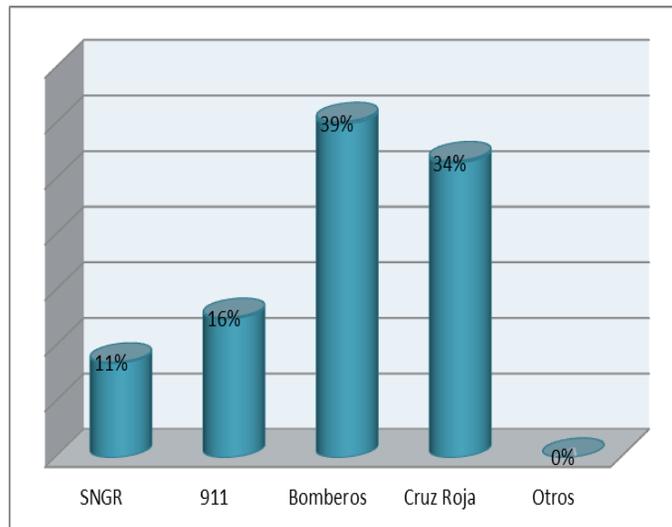
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Mongomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Ningún encuestado ha participado en simulaciones o simulacros de desastre.

7.2 Que organizaciones/ instituciones locales están encargadas en atender emergencias?



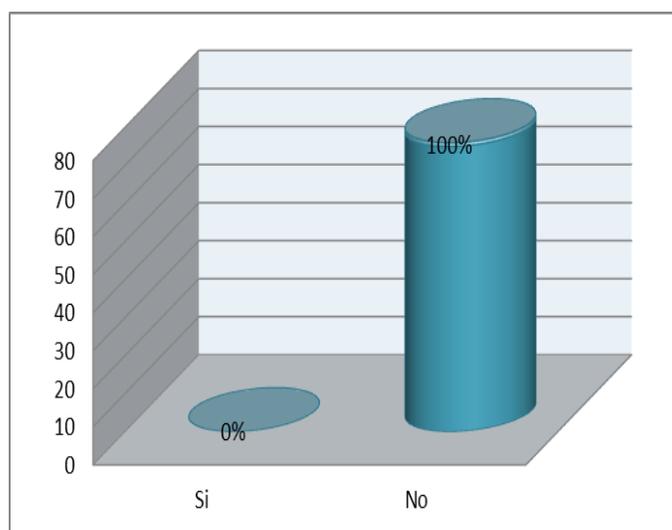
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Mongomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Según la opinión de los encuestados, el cuerpo de bomberos, con un 39%, es el máximo responsable de atender emergencias. Le sigue la Cruz Roja con un 34%, el 911 con un 16%, y finalmente la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos con un 11%.

7.3 Existen brigadas comunitarias capacitadas en su barrio?



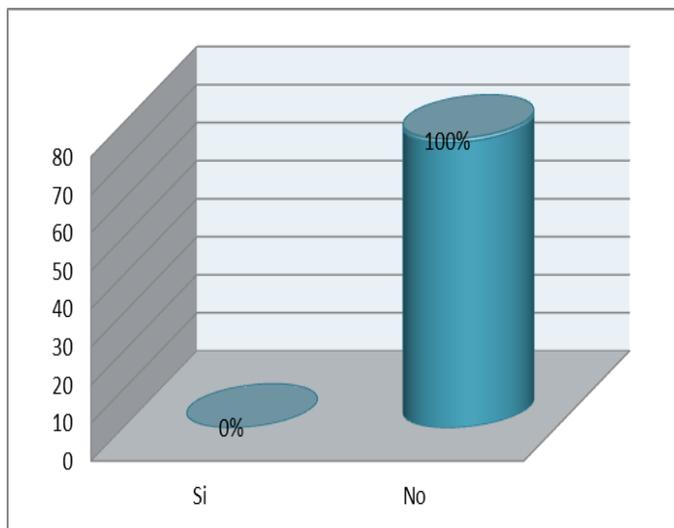
Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Mongomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Los vecinos de la zona de estudio no están organizados en brigadas comunitarias que puedan actuar en caso de desastres.

7.4 Considera que la población de su barrio están en capacidad para afrontar desastres?



Fuente: Trabajo de campo

Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

ANALISIS:

Además de no existir brigadas vecinales, los encuestados opinan que ningún vecino está capacitado para afrontar desastres.

3.5 COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Con el estudio de los Factores de susceptibilidad del cerro Susanga (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico), y una vez conocidos los factores desencadenantes que actúan en la quebrada situada al flanco Suroeste (sismicidad, precipitaciones, movimientos bruscos de las fallas normales), es posible reconocer las zonas de mayor peligro que pudieran desencadenar en un macrodeslizamiento, un nuevo desplazamiento de sistema de fallas normales provocaría el hundimiento y desplazamiento hacia el sureste de la mayor parte del cerro Susanga.

Desde el punto de vista geológico, esto podría provocar cambios en la trayectoria del río Chimbo, incluso su represamiento, nuevas fallas normales, escarpe, desprendimientos, nuevos deslizamientos y reactivación de otros existentes, levantamientos y hundimientos del terreno, grietas, deformaciones internas del terreno.

Desde el punto de vista humano, el desplazamiento de la falla normal o la reactivación de este gran deslizamiento-flujo provocarían cuantiosos daños en los elementos expuestos, especialmente los situados sobre y al pie de la quebrada con daños devastadores en los elementos como la subjefatura de tránsito la estación de servicio y toda la población que se encuentra apostada al pie de la vía panamericana.

Las posibles pérdidas humanas y económicas dependerían de la magnitud y velocidad de los movimientos.

- ❖ Hidrología: Al estudiar la relación que guarda la red fluvial, los afloramientos de agua y humedales con la distribución espacial de deslizamientos se concluye que no existe correlación alguna entre este factor condicionante y la inestabilidad del terreno.
- ❖ Geomorfología: Desde el punto de vista de la morfología de las laderas, no se aprecia una tendencia clara en ocurrencia de deslizamientos. Éstos se producen tanto en laderas cóncavas, planas como convexas. Los deslizamientos más grandes

han generado importantes concavidades y en su interior se han identificado deslizamientos menores.

- ❖ **Desarrollo social y económico:** Este factor está muy relacionado con el factor topográfico, La actividad antrópica se localiza fundamentalmente en la parte baja del cerro donde las pendientes son más suaves. Como se ha explicado anteriormente, las laderas donde se han identificado inestabilidades del terreno presentan pendientes intermedias (25°-40°) y la actividad antrópica se limita al cultivo de choclo y pastoreo. En las laderas más empinadas el espesor del suelo es muy limitado o inexistente, por lo tanto no son zonas aptas para el cultivo y pastoreo, y como se ha descrito anteriormente tampoco se producen deslizamientos.

Hipótesis 2.- Con el estudio de los Factores de susceptibilidad del cerro Susanga (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico), es posible reducir los posibles efectos de un macrodeslizamiento.

Existen varias formas de reducir los efectos, la amenaza o peligro de un deslizamiento: *prevención, elusión y estabilización*. El estudio de los factores de susceptibilidad ha permitido identificar a las laderas con pendientes intermedias (25°-40°) usadas para cultivo y pastoreo como las más susceptibles a experimentar deslizamientos. Por lo tanto, es en estos sectores donde especialmente deben plantearse medidas para reducir la amenaza de deslizamiento. En el capítulo IV se describen una gran variedad de estas medidas, tanto de prevención, como de elusión y estabilización.

3.6 CONCLUSIONES

- ❖ Las inestabilidades del terreno en el cerro Susanga y en su flanco Suroeste, se manifiestan en forma de fallas, macrodeslizamientos, pequeños deslizamientos, desprendimientos y reptaciones. El origen de estos movimientos del terreno es una combinación de varios factores:
- ❖ La gran altitud del cerro Susanga debido a las intrusiones volcánicas dacíticas (Formación Lourdes) y a la convergencia de la falla inversa del río Chimbo de dirección norte-sur con la falla inversa de Yanayacu de dirección noroeste-sureste, ambas fruto del contexto compresivo de la tectónica andina.
- ❖ La falta de apoyo lateral al sureste de esta gran elevación ha originado un sistema de fallas normales que han desgajado el cerro provocando su hundimiento y expansión lateral hacia el sureste.
- ❖ Las fuertes pendientes de algunas laderas.
- ❖ La actividad sísmica de la zona, con intensidades de 6.5 a 8.8, se origina próxima a la superficie, entre 0 y 33 km de profundidad, debido al sistema de fallas dextrales que atraviesa el país de suroeste a noreste, desde el golfo de Guayaquil hasta el nororiente (Puna-Pallatanga-Riobamba, Milagro-Guaranda), y que ha originado la mayoría de los grandes terremotos que han azotado principalmente a la región Interandina (IG-EPN).
- ❖ Las constantes e intensas precipitaciones durante la época de lluvias (marzo-abril).

Un nuevo desplazamiento de sistema de fallas normales provocaría el hundimiento y desplazamiento hacia el sureste de la mayor parte del cerro Susanga. Desde una perspectiva geológica, esto podría provocar cambios en la trayectoria del río Chimbo, incluso su represamiento, nuevas fallas normales y escarpes paralelos a la falla principal, desprendimientos, nuevos deslizamientos y reactivación de otros existentes (como el de 1774). Éste a su vez podría ocasionar levantamientos y hundimientos del terreno, grietas, cambios en el trazado de la red fluvial de esta ladera, deformaciones internas del terreno

3.7 RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones en general que se proponen llegado este punto del proyecto son mejorar sus puntos débiles: El modelo digital del terreno, la cartografía la geomorfológica y geológica y el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos.

- ❖ El modelo digital del terreno podría mejorarse con la realización de un vuelo fotogramétrico, algo que por otra parte supondría un notable aumento del presupuesto.
- ❖ Dar a conocer a las autoridades Provinciales y locales la importancia de este estudio y el alcance del mismo, con el fin de intervenir con medidas de remediación desde lo Provincial a lo local por ser un paso obligado del tránsito entre la sierra y la costa.
- ❖ En lo local a lo que refiere al GAD del cantón, formular ordenanzas que establezcan parámetros de construcción en laderas y en zonas vulnerables a deslizamientos en la zona de estudio.
- ❖ Como emergente determinar la reubicación de la sub Jefatura de tránsito y la estación de servicio de distribución de combustible y de las edificaciones aledañas
- ❖ Intervenir de forma adecuada en la captación de las aguas que converge de la quebrada mayor de la zona de estudio, y las aguas del río Yanayacu, quienes se depositan al inicio del embaulado con residuos sólidos y con sedimento.
- ❖ Desarrollar las capacidades locales tomar compromiso y conciencia de la destrucción de nuestro entorno, formular propuestas y plasmarles en planes de desarrollo local.
- ❖ Fomentar la organización de las comunidades y de los barrios expuestos y establecer programas de capacitación en educación ambiental y de prevención en posibles riesgos de la comunidad, fomentar brigadas que ayuden a mitigar los posibles daños.

CAPITULO IV

PROPUESTA

TEMA:

ESTRATEGIAS DE REDUCCION DE RIESGOS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA (DESLIZAMIENTOS)

OBJETIVO:

- ❖ Construir medidas de prevención y control que mitiguen los niveles de amenaza y riesgo frente a deslizamientos en el flanco Suroeste del cerro Susanga.

JUSTIFICACIÓN

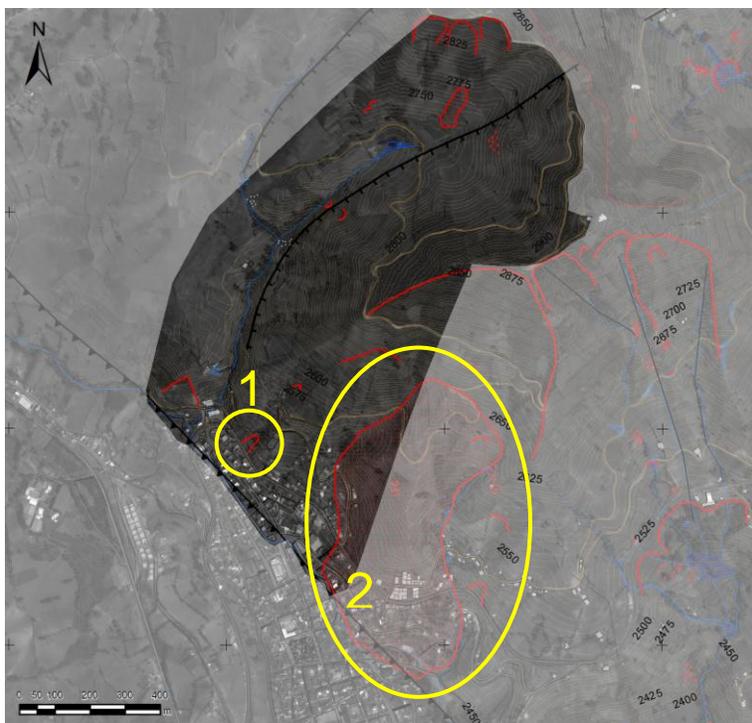
En este estudio una vez analizado los factores de susceptibilidad y determinado las causas de la inestabilidad de cerro, se pretende determinar y establecer las medidas adecuadas para prevenir deslizamientos

Como nos podemos dar cuenta y por la topografía del lugar y de la zona central del callejón interandino, son susceptibles a deslizamientos ya que en estas zonas convergen los elementos más importantes para la ocurrencia de dichos deslizamientos debido a procesos gravitacionales, los cuales son profundizados por su topografía, sismicidad, meteorización y lluvias muy intensas (Suárez 2002).

Los deslizamientos son uno de los fenómenos Geológicos que causan mucha destrucción en vidas humanas y daños materiales con sumas elevadas en pérdidas económicas, sin embargo no se hace nada por prevenir y tomar conciencia de los daños.

El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad en base a estudios de peligro y se toman medidas de prevención o control (Montiel, 2009)

En este capítulo se proponen medidas de prevención, control, remediación y/o estabilización para reducir los niveles de amenaza y riesgo por deslizamiento en las zonas del flanco Suroeste del cerro Susanga con elementos antrópicos expuestos existentes y futuros.



Fuente: Acosta E.
Elaboración y diseño: Montgomery Naranjo G 2013

Figura 12 Flanco Suroeste del cerro Susanga y delimitación de los dos deslizamientos que ponen en riesgo elementos antrópicos.

El deslizamiento 1 tiene una cicatriz de 35 m de ancho y 50 m de largo. La rotura se produjo en el año 2011 debido a la fuga continuada de agua de un depósito situado ladere arriba de la cicatriz. La rotura del terreno provocó un deslizamiento-flujo que atravesó la vía Panamericana y chocó contra las estructuras físicas situados junto a esta carretera. Posteriormente se realizaron trabajos de limpieza de la masa deslizada pero se dejó la cicatriz tal cual.



Foto 12.- A: Estado actual de la cicatriz del deslizamiento. B: Masa deslizada poco después del desastre. C: Posible técnica de remediación mediante muro de rocas. D: Ejemplo de deslizamiento estabilizado con esta técnica.

La solución de cada problema requiere un análisis conceptual y determinístico de las causas y mecanismos del problema y un diseño detallado de la remediación. Uno de los factores más importantes que define la alternativa de manejo, es la disponibilidad de recursos. Algunos proyectos disponen de grandes presupuestos, lo cual permite la construcción de obras de gran magnitud; sin embargo, es muy común que los recursos económicos sean limitados y se requiera utilizar tecnologías de bajo costo.

4.1.- FACTOR DE SEGURIDAD

La remediación de un deslizamiento o de un talud inestable, generalmente no es una estabilización total y definitiva, sino relativa y en ciertas condiciones, provisional. Ante esta realidad, es importante determinar hasta donde se debe llegar en el proceso de remediación. Cornforth (2005) explica que los factores de seguridad razonables y la

magnitud de la estabilización deben determinarse teniendo en cuenta los siguientes factores:

- El tamaño del deslizamiento. Teniendo en cuenta que es mucho más difícil modelar en forma precisa un deslizamiento pequeño que uno de gran magnitud, el factor de seguridad para remediación de un deslizamiento pequeño, debe ser superior al de un deslizamiento de gran tamaño. Igualmente, el costo para subir el factor de seguridad en un deslizamiento grande, puede ser muy alto, lo cual en ocasiones, conduce a conclusiones incorrectas acerca de que los deslizamientos grandes no se pueden estabilizar. Lo que ocurre es que, en un deslizamiento grande, es más difícil subir el factor de seguridad y cualquier aumento en el factor de seguridad tiene un efecto importante en la estabilidad.
- El tipo de movimiento. En los movimientos masivos de masas rígidas, las técnicas de estabilización son más efectivas que en los movimientos blandos tipo flujo de lodos, etc. En los movimientos de suelos rígidos se pueden considerar factores de seguridad menores que en movimientos de flujo.
- La magnitud de los estudios realizados. Si la información recolectada en los estudios es muy completa y confiable, se pueden permitir factores de seguridad menores que en los casos en los cuales la información es escasa y la incertidumbre es mayor.
- El potencial de consecuencias. En los casos en los cuales las consecuencias del deslizamiento involucran un riesgo grande de vidas humanas o propiedades, se requieren factores de seguridad mayores, por ejemplo, si está involucrado un hospital o una escuela, los factores de seguridad deben ser mayores que en el caso de un campo deportivo.
- La experiencia del profesional con los suelos del sitio. Cuando se tiene experiencia previa confiable del comportamiento real de los suelos, se pueden permitir factores de seguridad menores que cuando se desconoce el comportamiento real de los materiales.
- Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos. Si en el análisis no se tuvieron en cuenta los eventos extremos, se deben incluir factores de seguridad mayores ante la ocurrencia de estos fenómenos.

4.2.- METODOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN

Una vez analizada la ladera, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención, control o estabilización. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear en cada caso, depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos y políticos, con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo.

Las técnicas de remediación comprenden las siguientes alternativas generales:

- Prevención para evitar que ocurra la amenaza o el riesgo.
- Elusión de la amenaza para evitar que ésta genere riesgos.
- Control de los movimientos para disminuir la vulnerabilidad.
- Estabilización para disminuir la probabilidad de ocurrencia de la amenaza aumentando el factor de seguridad.

4.3.- PREVENCIÓN

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad y el control de las causas que pueden generar los deslizamientos, para disminuir la probabilidad de que se presente la amenaza o el riesgo (Tabla 1.3). La prevención consiste en un programa del Estado y de la comunidad (en todos sus niveles) mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permite reducir las amenazas y los riesgos a deslizamiento, en un área determinada.

Tabla 1.3.- Métodos de prevención para la amenaza o el riesgo a los deslizamientos (Suárez, 2009).

Método	Ventajas	Desventajas
Disuasión o medidas de restricción	Generalmente son económicas y rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande en la mitad del talud.
Planeación del uso de la tierra	Sirve al mismo tiempo, para controlar las aguas lluvias.	Los cantos pasan por encima fácilmente.
Códigos técnicos	Controlan los bloques que pueden generar riesgo	No resisten el impacto de los grandes bloques.
Construcción de obras de prevención	Tratan de impedir la caída de los bloques	Con frecuencia no son suficientemente fuertes para impedir los caídos.
Aviso y alarma	Los “muros alcancía” retienen las masas en movimiento	Se pueden necesitar estructuras algo costosas.

Estrategias para la prevención

El riesgo a deslizamientos en zonas urbanas, puede reducirse utilizando cuatro formas de regulación (Kockelman, 1986; Schuster y Kockelman, 1996):

- Restricción de la expansión de las áreas urbanas con susceptibilidad a deslizamientos, utilizando un mapa de susceptibilidad.
- Códigos urbanos que regulen las excavaciones, cortes y demás actividades de construcción.
- Protección del desarrollo urbano construyendo medidas de mitigación.
- Desarrollo e instalación de sistemas de monitoreo y alarma.

Los métodos de mitigación o prevención de la amenaza pueden reducir de forma significativa, la ocurrencia de deslizamientos. La prevención permite el manejo de las áreas relativamente grandes, teniendo en cuenta que los procesos naturales pueden ocurrir en diversos sectores dentro de un área de susceptibilidad similar, de forma repetitiva o múltiple. La mejor estrategia para la reducción de la amenaza de deslizamiento, generalmente involucra una mezcla de varias técnicas o sistemas donde se requiere la cooperación de geólogos, ingenieros, planeadores, propietarios de la tierra, constructores.

4.4.- RESTRICCIONES AL DESARROLLO.

Uno de los métodos más efectivos y económicos para reducir las pérdidas por deslizamientos, es la planificación de nuevos desarrollos, definiendo las áreas susceptibles a deslizamientos como áreas abiertas o verdes o de baja intensidad de uso. La mayoría de los países y ciudades tienen una legislación que permite la planificación mediante los códigos de urbanismo (o ambientales) y en algunas ciudades, se han implementado los códigos de laderas.

En ocasiones, se requiere la evacuación de áreas ya utilizadas o urbanizadas, mediante la adquisición de la tierra y propiedades por parte del Estado y la relocalización de los habitantes y sus viviendas. Sin embargo, el método más efectivo es evitar el desarrollo urbano en áreas susceptibles, lo cual se puede lograr mediante una legislación específica y un plan de control.

4.5.- REGULACIONES AL USO DE LA TIERRA

La regulación al uso de la tierra generalmente es manejada por el Estado nueva reglamentación COOTAD Art. 296.

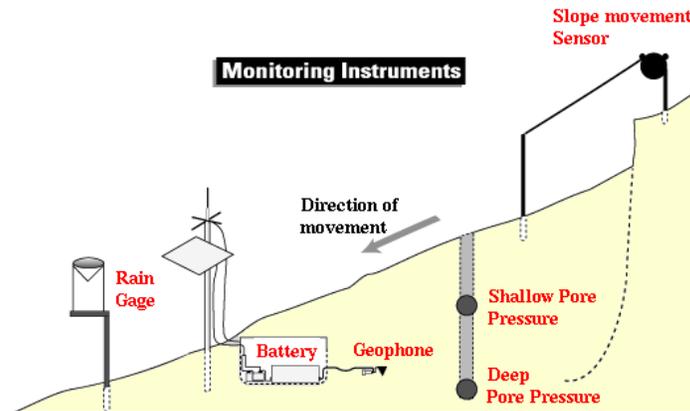
El cual puede delimitar los usos específicos u operaciones que puedan causar fallas en los taludes o en las laderas, tales como la construcción de carreteras, urbanizaciones o edificios, sistemas de irrigación, tanques de acumulación de agua, disposición de desechos, etc.

La prevención de los deslizamientos en zonas urbanas, requiere la aplicación de códigos específicos para el manejo de laderas y taludes, de acuerdo con las características geológicas y geotécnicas de cada área en particular.

4.6.- MEDIDAS DE AVISO Y ALARMA

Las áreas susceptibles a deslizamientos pueden instrumentarse para prevenir o alertar acerca de la inminencia de un fenómeno y se pueden establecer programas de información a la comunidad sobre la eventualidad de un determinado deslizamiento. Los sistemas de observación de campo utilizan extensómetros, inclinómetros, piezómetros, cercas eléctricas

y disyuntores. Las recientes innovaciones (Schuster y Kockelman, 1996), incluyen instrumentos acústicos, televisión, radar, rayos láser y medidores de vibración, los cuales pueden ser medidos y manejados a control remoto, desde una estación central receptora



Ejemplos de sistemas de monitorización de un deslizamiento (USGS, www.usgs.gov).

En ciudades como Hong Kong existen sistemas de instrumentación de lluvias y niveles freáticos manejados por un computador central que permite dar aviso de la posibilidad de ocurrencia de grandes deslizamientos. Durante las tormentas, la Oficina de Control Geotécnico de Hong Kong opera con un sistema de emergencia que proporciona aviso y toma las medidas de control (Geotechnical Control Office, 1985). Los sistemas de monitoreo y alarma son instalados con el objetivo principal de proteger vidas y propiedades y no de prevenir deslizamientos. Sin embargo, estos sistemas, en ocasiones, permiten un tiempo suficiente (después del aviso) para adoptar medidas físicas de control que reduzcan la probabilidad o la magnitud de la amenaza.

4.7.- Elaboración de mapas de amenaza

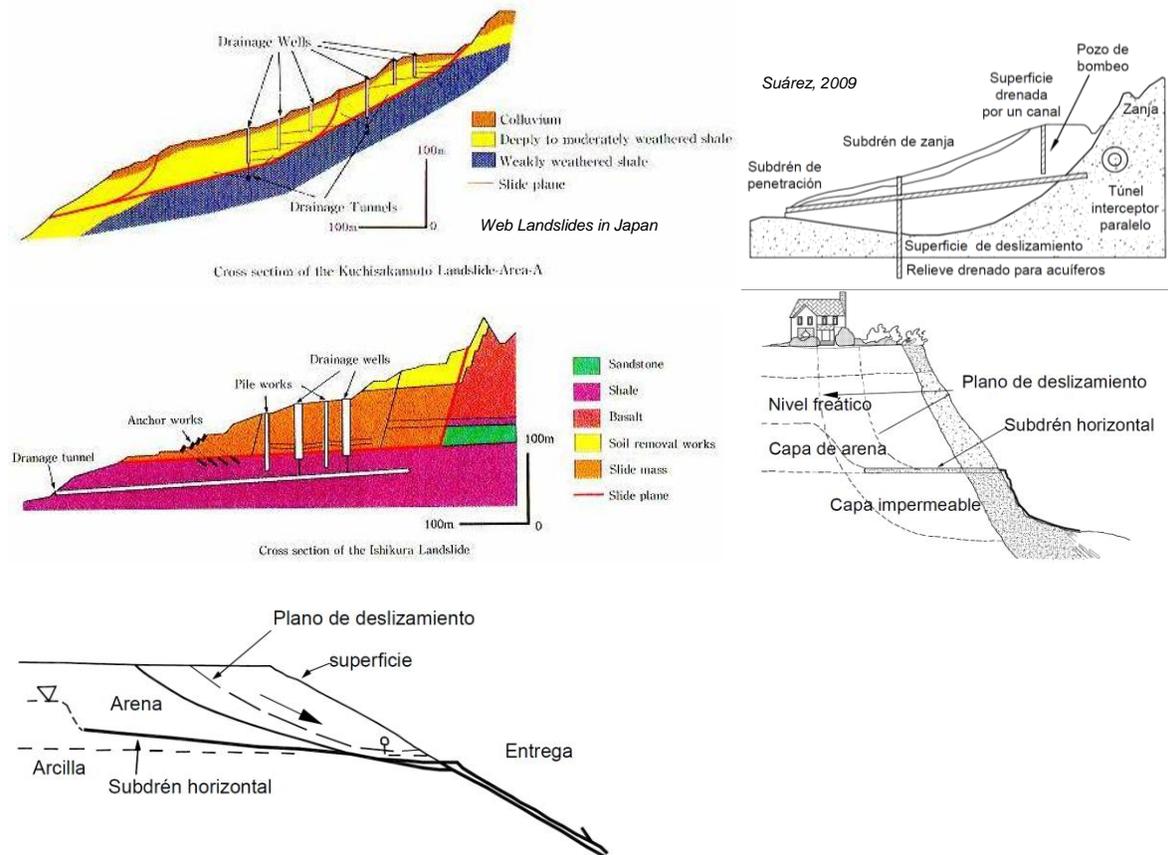
Una técnica muy utilizada es la elaboración y aplicación de mapas de amenaza. Éstos indican las zonas vulnerables, las cuales son posteriormente reguladas o zonificadas. Los mapas deben ser precisos para evitar que zonas de alta amenaza real sean cartografiadas como de amenaza baja.

4.7.- Regulaciones en el manejo de aguas

En las laderas susceptibles a deslizamientos se deben prohibir las actividades que puedan generar infiltración de agua, como piscinas, pozos sépticos o zonas de infiltración, pasa de redes de acueducto y alcantarillada, etc.

4.8.- DRENAJE Y SUBDRENAJE

Unas de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas (Figura 1.27 y tabla 1.10). Su objetivo es controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen el movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes. Su diseño y construcción son sencillos, poco costosos y muy efectivos como medidas de prevención de los movimientos. Las obras de drenaje son un buen complemento de otros sistemas de estabilización.



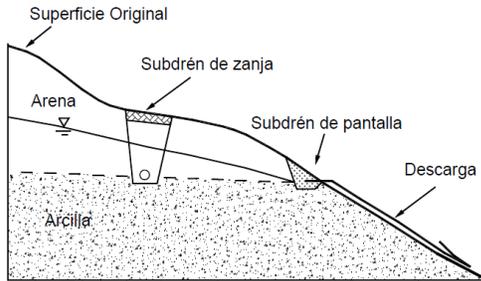


Figura 14.- Sistemas de drenaje y subdrenaje.

4.9.- La Bioingeniería y la Vegetación

La protección ideal de la superficie de una ladera o talud es el recubrimiento con vegetación. Se tiene como norma general, que no es posible establecer buena vegetación en los taludes de más de 60° de pendiente y es difícil de revegetar los taludes de más de 45° de pendiente. Los pastos generalmente son plantas originarias de los terrenos planos y no es fácil establecerlos adecuadamente, sobre zonas de alta pendiente (Tabla 1.14). Un sistema de biotecnología utilizado para estabilizar deslizamientos, es la colocación superficial de vigas de concreto armado en forma reticulada y en las áreas intermedias (entre las vigas) colocar vegetación (Figura 1.47).

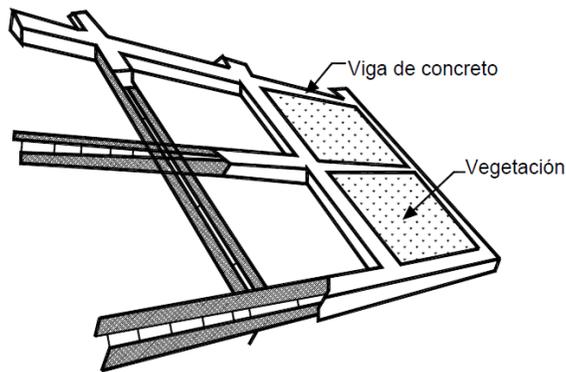


Figura 1.5.- Vigas de concreto armado como confinamiento de la vegetación.

5.- BIBLIOGRAFIA

- AASHTO (1999). "Highway drainage guidelines". Washington D.C.
- Abramson L.W, Lee T.S., Sharma S., Boyce G.M. (2002). "Slope stability and stabilization methods". John Wiley & Sons, INC. New York. Pág. 712
- Ayala Francisco, J – Carcedo Jorge, A. 2002, Riesgos Naturales, Capítulo 18, Analisis de Riesgos por Movimientos de Ladera, Ariel Ciencia, impreso en España.
- Baldock, J.W. (1982). Geology of Ecuador. Institute of Geological Sciences, London, United Kingdom, and Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Quito, Ecuador.
- Bonham-Carter, G.F.; Agterberg, F.P. y Wright, D.F. (1990). Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential. En: Agterberg y Bonham-Carter (Eds). *Statistical Applications in the Earth Sciences*. Geological Survey of Canada, Págs. 8-9, 171-183.
- Brabb, E.E.; Pampeyan, E.H. y Bonilla, M.G. (1972). *Landslide Susceptibility in San Mateo County, California*. Geological Survey Miscellaneous Field Studies, Map MF-360, scale 1:62.500.
- Casanova M. Leonardo. 2002, Topografía Plana, Capítulo 5, Procedimientos
- Cuento y leyenda de la Ciudad de Benalcázar.
- Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Núcleo Bolívar.
- Carrara, A. (1983a). Multivariate models for landslide hazard evaluation. *Mathematical Geology*, Págs.15, 403-426.
- Carrara, A. (1983b). Geomathematical assessment of regional landslide hazard. *4th Int. Conf. Applic. Stat. Probabil. in Soil and Estruct. Eng.* Firenze, 3-27.
- Dávila Burga, J. 2011, Diccionario Geológico, Diagramación, Arth-Altuna, Grouting, Geotechnical & Instrumentation.

- Dirección General de Geología y Minas. (1982). Mapa geológico nacional de la República de Ecuador, escala 1:1,000,000.
- Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Capítulo 7, Ladera y Movimiento de Masas. Pearson Educación S.A. Madrid, España.
- González de Vallejo, L, 2002. Ingeniería Geológica, Capítulo. 14. Deslizamientos y otros movimientos del terreno. Pearson Educación. Madrid, España.
- Gonzales Fletcher A. 2007, Fundamentos de Fotointerpretación, Capítulo 3, Elementos de Fotointerpretación, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda edición.
- Gobierno Provincial de Bolívar. Plan Estratégico de Desarrollo Provincial, Mayo 2004, págs. 71, 76.
- Gobierno Municipal del Cantón Chimbo, 2007 Plan de Desarrollo Estratégico Cantonal, Diseño e impresión: imprenta y offset “Santa Rita”.
- Geotechnical Control Office (1984). “Geotechnical Manual for Slopes”, 2nd ed. Hong Kong: Engineering Development Department. Geotechnical Control Office (1985). “Description of the Geotechnical Control Office Engineering Development Department”. Hong Kong. Pág.8
- Goughnour R. R., Teg Sung J., Ramsey J. S.(1991). “Slide Correction by Stone Columns”. Deep Foundation Improvement, ASTM Special Technical Publication 1089, Págs.131-147.
- Holtz R.D., Schuster R.L. (1996). “Stabilization of soil slopes”. Landslides investigation and mitigation. Special report 247. Transportation research Board. National research council. pp. 439-473.
- Irigaray, C.; Fernández, T. y Chacón, J. (1996). Comparative analysis of methods for landslide susceptibility mapping. En: Chacón, J.; Irigaray, C. y Fernández, T. (Eds.). *Landslides*. Balkema. Rotterdam, Págs.373-384.

- Martínez Catalán José, R. 2003, Geología Estructural y Dinámica Global, Tema 5, Comportamiento Frágil, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. España.
- Munfakh, G.A. (1990). “Innovative Earth Retaining Structures: Selection, Design and Performance”. Proceedings. ASCE Specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures. Cornell University, Ithaca, New York, June.
- Mora Chinchilla, R. 1994, Fundamentos sobre Deslizamientos, URL. <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
- Nilsen, T.H.; Wright, R.H.; Vlastic, T.C. y Spangle, V.E. (1979). *Relative slope stability and land-use planning in the San Francisco Bay Region, California*. U.S. Geological Survey Professional Pág.944
- Popescu, M.E., Seve, G. (2001). “Landslide Remediation Options After The International Decade For Natural Disaster Reduction (1990 - 2000), Keynote Lecture”, Proc. Conf. Transition from Slide to Flow - Mechanisms and Remedial Measures, ISSMGE TC-11, Trabzon, Págs.73-102
- Rogers, C.D.F. (1991). “Slope stabilization using lime. In Proc., International conference on slope stability engineering: developments and applications”, Institution of Civil engineers, Isle of Wight, Thomas Telford, Ltd., Págs.335-492.
- Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. (1986). Mapa General de Suelos del Ecuador, escala 1:1,000,000.
- Sevilla, J.H. (1981). Esquema de la sismicidad en Ecuador, Plan Maestro de Electrificación. Tres mapas, de lineamientos, de iso-profundidades y de isomagnitudes pág. 35.
- Singaicho, J.C. (2009). Mapa de máximas intensidades sísmicas del Ecuador. Criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades. Tesis de grado, EPN., Quito. Ecuador, pág. 186.

- Suarez D. J. Análisis Geotécnico, 2009. Volumen 1, Capítulo 1, Nomenclatura de los deslizamientos, Capítulo 13. Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza Riesgo. Editorial: U. Industrial de Santander, Colombia
- Schwab J.C., Gori, PL, Jeer S. (2005). “Landslide hazards and planning”. American Planning Association Planning Advisory Service Report No. 533/534:208
- Singaicho, J.C. (2009). Mapa de máximas intensidades sísmicas del Ecuador. Criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades. Tesis de grado, EPN., Quito. Ecuador, pág.186
- Topográficos, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Vías, Venezuela.
- Yin, K.L. y Yan, T.Z. (1988). Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. En: *Proceedings, 5th International Symposium on Landslides*. Lausanne, Switzerland. Vol. 2, 1269-1272.