

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO
LA RAMADA - MANZANAS ALTO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR:

BACH. HENRY EDWIN HUAMÁN YOPLA

ASESOR:

DR. ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE

CAJAMARCA – PERÚ

- 2023 -

AGRADECIMIENTO

A mis hermanos por su apoyo incondicional, a Sonia Cueva por estar siempre a mi lado, a Guillermo y Marisol por su ideal de vida profesional que me inculcaron, gracias a su perseverancia fue posible la culminación de este trabajo de investigación.

A mi alma mater UNC. y docentes de la EAPIG quienes marcaron una etapa en mi vida, de estudio, investigación, responsabilidad y sobre todo perseverancia; M.Cs. Victor Ausberto Arapa Vilca, Dr. Segundo Reynaldo Rodríguez Cruzado, M.Cs. Roberto Severino Gonzales Yana, Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani. En especial a mi asesor, Dr. Alejandro Lagos Manrique, por la disposición de sus conocimientos y asesoría para desarrollar la presente tesis profesional.

Henry E. Huamán Y.

DEDICATORIA

Al recuerdo de mi madre, María Espiritu Yopla Chilón, que día a día me acompaña en mi accionar, y a la tierra que la vio nacer, Manzanas Alto; A mi padre, José Asunción Huamán Sánchez, símbolo de trabajo y sacrificio, a mis hermanas y hermanos, Ana, Erika, Hugo, Homero, Juan y German que son mi Fortaleza, y a mis cuñados Walter y Samuel.

A mi amiga y compañera de vida, Sonia, quién confió en mí y mi capacidad para cambiar las cosas, así como a mis hijas Zoe Mariajosé y Alisson Erika Annette, las cuales me motivan para seguir adelante.

A Guillermo, Marisol, Frank, Maricruz y Paul, familia que me acogió como uno de los suyos donde aprendí que el amor existe, a mis tíos, Juan, Ramón, Genaro, Luis y a la persona que me direccionó en la ciencia de la geología, mi padrino Eusebio. A todos ellos va dedicado este trabajo de investigación.

Henry E. Huamán Y.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ABREVIATURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.1. INTERNACIONALES	4
2.1.2. NACIONALES.....	5
2.1.3. LOCALES	6
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. Movimientos en masa (MM)	6
2.2.1.1. Factores que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.....	7
a. Factores condicionantes	7
b. Factores desencadenantes.....	8
2.2.2. Tipos de movimientos en masa	9
2.2.3. Peligros geológicos	17
A) Factores Naturales.....	19
	iii

	Pág.
B) Factores de Inestabilidad de los Peligros Geológicos.....	20
2.2.3. Zonificación de la amenaza y susceptibilidad por MM.	21
2.2.4 Riesgo	22
2.2.5 Factores de amenaza y factores de riesgo	23
2.2.6 Medidas y tipos de riesgos	23
2.2.8. Amenaza / peligro.....	24
2.2.9. Gestión de riesgo de desastres	24
2.2.10. Método Heurístico o Empírico.....	25
2.2.11. Método Probabilístico	28
2.2.12. Matriz de Jerarquías Múltiples (MJM)	29
2.2.15. Razón de Consistencia (RC).....	31
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.	32
CAPÍTULO III.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.1.1 Geográfica	35
3.1.2 Política.....	38
3.1.3. Accesibilidad.....	38
3.1.4. Clima	38
3.2. PROCEDIMIENTOS	40
3.2.1 Etapa de gabinete	40
3.2.2 Etapa de campo	40
3.2.3 Etapa final.....	40
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGAIÓN	41

	Pág.
3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de la investigación	41
3.3.2. Población de Estudio	41
3.3.3. Muestra.....	41
3.3.4. Unidad de análisis	41
3.3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4. GEOLOGÍA REGIONAL	43
3.5. GEOLOGÍA LOCAL	44
3.5.1. Paleógeno – Neógeno.....	44
3.5.2. Cuaternario.....	47
3.6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	47
3.7. GEOMORFOLOGÍA	48
3.7.1. Planicies	48
3.7.2. Lomadas.....	49
3.7.3. Laderas.....	50
3.8. HIDROLOGÍA	50
3.8.1. El Río Quilish.....	50
CAPÍTULO IV	51
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA (MM).....	52
4.2.1. Porcentaje de los movimientos de masa	52
4.2.2. Descripción de los movimientos de masa	53
4.2.2.1. Deslizamiento RM- 01.	53
4.2.2.2. Deslizamiento RM- 02.	54
4.2.2.3. caída de rocas RM- 06.	55

	Pág.
4.2.2.4. Caída de rocas RM- 07.	56
4.2.2.5. Caída de Rocas RM- 08	57
4.2.2.6. Flujo de detritos RM- 09.	58
4.2.2.6.1 Medición del bloque inestable	58
4.2.2.8. Flujo de detritos RM- 10	61
4.3. Método Empírico o Heurístico	62
4.3.1 Unidades litológicas (UL)	62
4.3.2. Unidades geomorfológicas (UG).....	63
4.3.3. Unidades hidrogeológicas (UH)	65
4.3.3.1. Ponderación de las unidades hidrogeológicas	65
Mayor frecuencia: 8	65
4.3.4. Unidades de Cobertura Vegetal (UCV).....	67
4.3.4.1. Ponderación de las unidades de cobertura vegetal	67
4.3.5. Unidades de pendientes (UP)	68
4.3.5.1. Ponderación de las unidades de pendientes	69
4.3.6. Factores condicionantes de la Inestabilidad (FCI).....	70
4.3.7. Coeficiente de Consistencia (CC)	71
4.3.8. Contrastación de la hipótesis.....	72
CAPÍTULO V	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1. CONCLUSIONES.....	73
5.2. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de caída de rocas.....	10
Figura 2. Esquema de caída de rocas.....	11
Figura 3. Esquema de vuelco.....	12
Figura 4. Esquema de deslizamiento rotacional.....	13
Figura 5. Esquemas de deslizamiento traslacional	13
Figura 6. Esquema de flujos canalizados	14
Figura 7. Avalancha de detritos.....	15
Figura 8. esquema de flujos de lodos.....	15
Figura 9. Esquema de reptación de suelos	16
Figura 10. Esquema de erosión de laderas.....	17
Figura 11. Inventario Nacional de Peligros Geológicos (INGEMMET, 2020). .	19
Figura 12. Ubicación de las zonas de estudio	36
Figura 13. Ubicación de las zonas de estudio.....	37
Figura 14. Clima del área de investigación en Cajamarca	39
Figura 15. La T°máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul).....	39
Figura 16. Afloramiento de roca volcánica.	45
Figura 17. Roca volcánica tobácea perteneciente a la Formación San Pablo..	46
Figura 18. Depósitos fluviales.	47
Figura 19. Superficie suave correspondiente a una planicie.	49
Figura 20. Lomadas con pendiente aproximada de 18°.....	49
Figura 21. Laderas con pendiente aproximada de 30°.....	50
Figura 22. Rio Quilish que atraviesa la zona de estudio..	53
Figura 23. Porcentaje de afloramientos rocosos en el área de estudio.....	51
Figura 24. MM predominantes en la zona de estudio son los deslizamientos.	53
Figura 25. Deslizamiento RM-01.....	54
Figura 26. Deslizamiento RM-02.....	54
Figura 27. Movimiento de masa RM-06.	55
Figura 28. Movimiento de masa RM-07.	56

	Pág.
Figura 29. Caída de rocas RM- 08.	57
Figura 30. Se observan fragmentos de rocas caídos al lecho del río Quilish..	58
Figura 31. Movimiento de masa RM-09.	59
Figura 32. Dimensionamiento del bloque inestable.....	61
Figura 33. RM-10. Corresponde a Flujo de detritos en rocas volcánicas.	88
Figura 34. Medición del desplazamiento de terreno.....	89
Figura 35. Deslizamiento reciente	90
Figura 36. Dimensiones del MM para determinar su área de influencia.....	91
Figura 37. Ponderación de las unidades litológicas	63
Figura 38. Ponderación de las unidades geomorfológicas.....	65
Figura 39. Ponderación de las unidades hidrogeológicas	66
Figura 40. Ponderación de las unidades de cobertura vegetal	68
Figura 41. Ponderación de las unidades de pendientes.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de movimientos en masa (Varnes, 1978).....	9
Tabla 2. Determinación de la ponderación	26
Tabla 3. Ejemplo de cálculo de ponderación.....	27
Tabla 4. Colores utilizados en la presente investigación	27
Tabla 5. Ejemplo de cálculo de ponderación.....	28
Tabla 6. Ejemplo de cómo se llena los casilleros.....	30
Tabla 7. Muestra los valores de índice de consistencia (IA).....	32
Tabla 8. Coordenadas en UTM: WGS-84 de la zona de estudio.....	35
Tabla 9. Acceso a la zona de investigación.....	38
Tabla 10. Metodología de la investigación	41
Tabla 11. Descripción de Instrumentos y equipos.....	42
Tabla 12. Clasificación de geomorfología.....	48
Tabla 13. 10 movimientos de masa (MM) en el área de estudio	52
Tabla 14. Cantidad, Porcentaje de MM y el área de influencia.	52
Tabla 15. Peso específico de las rocas y minerales más comunes	60
Tabla 16. Ponderación de las unidades litológicas.....	63
Tabla 17. Número de ocurrencia y ponderación de unidades geomorfológicas	64
Tabla 18. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades hidrogeológicas .	66
Tabla 19. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades de cobertura vegetal.....	68
Tabla 20. Cálculo de los factores geológicos condicionantes	71

ABREVIATURAS

E:	Este.
FCI.	Factores Condicionantes de la Inestabilidad.
Fm:	Formación
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global.
MM.	Movimiento en masas.
N:	Norte.
NE:	Noreste.
NW:	Noroeste.
Peá.	Peso específico de la roca volcánica
S:	Sur
SE:	Sureste.
SW:	Suroeste.
UCV.	Unidades de cobertura vegetal.
UG.	Unidades Geo - Morfológicas
UH.	Unidades Hidro - Geológicas.
UL.	Unidades litológicas.
UP.	Unidades de pendientes.
UTM:	Universal Transversal de Mercator.
W:	Oeste.

RESUMEN

Las localidades de La Ramada y Manzanas Alto se ubican al Nor- Oeste de la ciudad de Cajamarca. Está bordeando al Sur – Este por afloramientos rocosos del Cretácicos y por el Nor – Este por afloramientos Cenozoicos (Formación Geologica Porculla). En estas áreas afloran rocas volcánicas tobáceas, y depósitos cuaternarios. Las rocas volcánicas están presentes en un 95% frente a un 5% de los depósitos cuaternarios.se ha Planteándome la siguiente interrogante: ¿Cuáles son los Peligros Geológicos que predominan en la localidad de La Ramada y Manzanas Alto? Dentro de los objetivos planteados están el de identificar las zonas más susceptibles a los peligros geológicos; describir los factores geológicos que condicionan la generación de peligros geológicos. La hipótesis que se ha planteado es que los movimientos de masa que se producen en la zona de La Ramada y Manzana Alto son producto por la combinación de los factores litológico, pendiente e hidrogeológico; concluyendo que los factores condicionantes de la inestabilidad son la litología en un 33% seguido de la pendiente en un 26% y el hidrogeológico en un 19%. logrando identificar 10 MM predominando los deslizamientos (05) seguida de caída de rocas (03) y flujo de detritos (02). Las zonas más susceptibles a los MM son los lugares ubicados a la margen izquierda del río Quilish aguas abajo muy cerca a los centros poblados de La Ramada y Manzanas Alto.

Palabras claves: Movimiento de Masa, susceptibilidad, peligro geológico, riesgo geológico, inestabilidad. Evaluación de peligros geológicos.

ABSTRACT

The towns of La Ramada and Manzanas Alto are located to the North-West of the city of Cajamarca. It is flanked to the South-East by Cretaceous rocky outcrops and to the North-East by Cenozoic outcrops (Huambos and San Pablo volcanic units). In these areas, tuffaceous volcanic rocks and Quaternary deposits outcrop. Volcanic rocks are present in 95% compared to 5% of Quaternary deposits. It has been asking myself the following question: What are the Geological Hazards that predominate in the town of La Ramada and Manzanas Alto? Among the proposed objectives are to identify the areas most susceptible to geological hazards; describe the geological factors that determine the generation of geological hazards. The hypothesis that has been proposed is that the mass movements that occur in the area of La Ramada and Manzana Alto are the product of the combination of lithological, slope and hydrogeological factors; concluding that the conditioning factors of the instability are the lithology in 33% followed by the slope in 26% and the hydrogeological in 19%. managing to identify 10 MM predominating landslides (05) followed by rockfall (03) and debris flow (02). The areas most susceptible to MM are the places located on the left bank of the Quilish River downstream, very close to the population centers of La Ramada and Manzanas Alto.

Keywords: Mass Movement, susceptibility, geological hazard, geological risk, instability. Geological hazard assessment.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Centro poblado La Ramada – Manzanas Alto se encuentra ubicado en la parte Noroeste de la ciudad de Cajamarca a 30 km aproximadamente. Geomorfológicamente, en esta zona, se observan lomadas, cumbres y en menor proporción los valles. Desde el punto de vista tectónico estas rocas volcánicas han sido afectadas levemente por la Tectónica Quechua por lo tanto no se encuentra replegado ni fallado, solamente se observan algunas fracturas. Expuesto las rocas volcánicas muy meteorizadas los que generan múltiples movimientos en masa que a veces afectan a las viviendas y a las infraestructuras. Por esta razón fue necesario realizar estudios geológicos detallados con la finalidad de evaluar los peligros geológicos. Se han confeccionado los planos como: de ubicación, de Zonificación, MDE y Unidades Geomorfométricas, Peligros Geológicos, Geológico e Hidrogeológico. Estos planos superpuestos con la finalidad de elaborar el Plano de susceptibilidad en donde se pueda delimitar zonas de peligros geológicos y tratar de concientizar a la población para que no puedan construir sus viviendas en zonas susceptibles a los peligros geológicos.

En esta investigación se ha formulado la siguiente interrogante ¿cuáles son los peligros geológicos en el centro poblado La Ramada – Manzanas Alto? El objetivo es identificar los peligros geológicos.

Identificar zonas con peligros geológicos en la localidad de La Ramada – Manzanas Alto; analizar los peligros geológicos en los poblados estudiados. La hipótesis planteada es que los peligros geológicos que se producen en el centro poblado de La Ramada – Manzanas Alto y alrededores, se dan por la combinación de los factores: litológico, de pendiente y de cobertura vegetal principalmente en menor importancia están el hidrogeológico y geomorfológico.

Esta investigación se justifica debido a que es necesario elaborar mapas donde se representen las zonas con mayor cantidad de peligros geológicos y de esta manera se pueda prevenir cualquier acontecimiento geológico que pueda suceder.

El presente trabajo de investigación se ha estructurado en V capítulos.

El capítulo I, corresponde a la introducción, planteamiento y formulación del problema, la hipótesis, los objetivos delimitación y limitaciones de la investigación.

El capítulo II, contiene tiene el Marco teórico y los antecedentes de la investigación tanto internacionales, nacionales y locales, las bases teóricas y la definición de términos básicos inscritos en el trabajo de investigación.

El capítulo III, Materiales y Métodos en donde se establece la metodología utilizada, identificación de variables, técnicas de investigación, la descripción de los materiales y equipos utilizados en campo y gabinete.

El capítulo IV, corresponde al análisis y discusión de resultados detallándose los resultados encontrados y debidamente la contrastación con la hipótesis.

El capítulo V, contiene las conclusiones y recomendaciones donde dichas conclusiones son el resultado de los objetivos planteados. Finalmente están las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Durante los últimos años se han aplicado estrategias para el tratamiento de riesgos por movimientos en masa en diferentes desastres naturales. La casuística obtenida en diferentes naciones nos obliga al uso de mapas de zonificaciones estratégicas de amenazas y riesgo para el ordenamiento territorial y el tratamiento de emergencias inmediatas (Cascini et al; 2005) lo que nos demuestra que existe la necesidad de métodos universales y reproducibles para evaluación y zonificación de amenaza latentes, particularmente en lo que respecta a la definición de tipos de amenazas de tal manera que las zonificaciones puedan ser contrastables. Lamentablemente existe deficiente consistencia entre los tipos de mapas y planos diseñados en los diferentes lugares presentados dichos desastres naturales, o por múltiples instituciones de una misma nación e incluso dentro de la misma institución. La tecnología empleada no es uniforme ni el criterio aplicado y muchas veces las leyendas no nos proporcionan definiciones que faciliten la descripción y lectura para el uso de los mapas.

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos y mortales que causan daños a los seres humanos que traen como consecuencia muertes y destrucción de las propiedades privadas y públicas por valor de billones de dólares (Suarez, 1996).

En Perú los concilios sobre movimientos en masa (MM) son acogidos por diversos investigadores, debido a que estos desastres geológicos han alertado el interés en las últimas décadas ya que son causantes de muertes de miles de personas y pérdidas económicas a gran escala. Los enfoques de los estudios recientes nos muestran la aplicación del mapeo nacional de peligros geológicos y la elaboración de modelos de susceptibilidad con SIG (Suarez, 1996).

2.1.1. INTERNACIONALES

Moreno (2007), En su investigación, Deslizamiento de El Mirador, Km 105 Carretera Bogotá- Villavicencio, Colombia, detalla el inicio y evolución de este movimiento desde 1974 hasta 2007. Establece que este movimiento de masa desarrollo por una consecuencia de la erosión y que empezó a remover rocas fragmentadas en una falla siendo los factores desencadenantes el cizallamiento de las estructuras y su exposición por la erosión hídrica la cual debilitó toda la superficie vegetal. Llegando a la conclusión que el factor detonante fue la fuerte erosión hídrica y al no ser controlada por mucho tiempo sumado las tempestuosas lluvias mantuvieron latente el deslizamiento.

Morgenstern (1997), en su trabajo de investigación nos explica que el rol del factor de seguridad es variado ya que no tiene en cuenta el desconocimiento respecto a la credibilidad de la data para sintetizar la información hallada, y las incertidumbres en los modelos matemáticos e incertidumbres humanas.

Guzmán (2007), en su estudio: Deslizamiento Rotacional de San Isidro en La Paz - Bolivia. manifiesta que de los factores que aportan a este movimiento está el contraste de permeabilidad de los materiales ya que el área está conformada en la base por una intercalación de arcillas y limos con horizontes de arena que subyacen discordantemente a bancos de gravas. La elevada permeabilidad de estos bancos permite la filtración de aguas subterráneas y derrames de agua servidas que saturan los taludes quienes contribuyeron a la inestabilidad en un inicio. Otro factor que actuó a desfavor en la estabilidad de la zona son los procesos erosivos que afectaron a los bancos de gravas y dejaron expuestas a

las columnas y pirámides irregulares esbeltas, las que se tornaron inestables y llevaron los materiales circundantes a favor de la gravedad

Salcedo (2007), en su investigación; Deslizamiento de la Ladera sur del Viaducto N° 1, autopista Caracas la Guaira. Venezuela, refiriéndose al mecanismo del deslizamiento; llega a la conclusión que el desplazamiento de la ladera que afecta al viaducto es producto de la reactivación de un deslizamiento anterior. Pero, no es posible establecer con veracidad ni confiabilidad las causas que originaron el deslizamiento desde un principio y la reactivación del mismo. Las características de los afloramientos del material coluvial atribuido al deslizamiento antiguo son elocuentes al observar estructuras de roca en posiciones alternadas. Este hecho nos indica que el deslizamiento otrora ocurrió de manera catastrófica sin opción para el acomodo de las mencionadas estructuras. Por ende, es probable que el primer deslizamiento pudo haber estado relacionado a un evento tectónico.

2.1.2. NACIONALES

Zamora (2018), realizó el análisis de vulnerabilidad y riesgo mediante zonificación de peligros geológicos en la población del valle San Vicente-Púsac, provincia de Bolívar, La Libertad. Donde se Confirmó formaciones Geológicas con características favorables a la ocurrencia de dichos peligros (Q. Cuaternarios, Formaciones Lavasén, Chulec, Chota; los Grupos Pullucana y Goyllarizquisga), siendo las mejores alternativas a desarrollar en los peligros identificados y según la caracterización, medidas de orden artesanal en Flujs y cárcavas, medidas preventivas para sectores de derrumbes y cárcavas (Canalización, Implantación de sistemas de cultivo, protección por diques, entre otros); medidas para huaicos-Inundaciones y Actividades de quebradas (tratamiento de cauces, Cargas máximas, Presas Transversales de sedimentación escalonada).

Alva (2019), en su estudio, Peligros geológicos en la localidad de San Marcos, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos concluye que en la localidad de

San Marcos está asentada principalmente sobre depósitos y es debido a la composición de estos que la hace más vulnerable a los peligros geológicos como deslizamientos, socavación de terreno e inundaciones.

2.1.3. LOCALES

Hernández (2022), en su tesis de investigación: Evaluación de los peligros geológicos y elaboración del Mapa de Susceptibilidad en la zona de Huambocancha Baja. Cajamarca. indicó: La elaboración del cartografiado de susceptibilidad ha sido posible superponiendo los 7 mapas de los factores. Al diseñar la superposición se observa que los lugares que han sufrido deslizamientos son ubicados en su mayoría en afloramientos de rocas volcánicas, de grandes altitudes y prominentes pendientes, y con la superficie de vegetación alóctona.

COSUDE– CARE (2008), La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación realizó el Proyecto: “Gestión de Riesgo de Deslizamiento del Ronquillo, Urubamba y Corisorgona - Levantamiento Geofísico de Georadar; donde interpretan al basamento Cretáceo de la zona de Ronquillo y alrededores. Determinando los espesores de los materiales no consolidados del orden de 8 a 25 m y ángulos de arrastre de 45° a más; por ende, lo consideran como zonas de riesgo de deslizamientos, alta baja y moderada.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Movimientos en masa (MM)

Los movimientos en masa están referidos a un conjunto de procesos de denudación que están relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento o transposición de lenta a más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes de suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material de suelos, detritos, bloques de rocas cuesta abajo, por incidencia de las fuerzas de desplazamiento (gravedad, movimientos sísmicos), a veces con participación mayor o menor del agua, hielo y otros agentes (Villota,

2005). Por otro lado, algunos autores utilizan el término deslizamiento para referirse a los movimientos en masa, siendo esto incorrecto ya que por definición y estudios son diferentes.

Crozier, (1986) define los deslizamientos como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas. Sin la ayuda del agua. Como vemos las definiciones adoptadas para movimientos en masa (MM) son bastantes, como fenómenos de remoción en masa; para éste trabajo se entenderá como peligros geológicos por movimientos en masa, a los procesos de movimiento lento o rápido que involucran roca, suelo o ambos por efectos de la gravedad, erosión o acciones antrópicas.

2.2.1.1. Factores que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.

Los movimientos en masa están constituidos por la acción simultánea de una serie de factores, habiendo diversas clasificaciones que los definen. De forma general se diferencian entre factores condicionantes que propician la ocurrencia del fenómeno y Factores que desencadenan e inician con el movimiento de masas.

a. Factores condicionantes

Entre los factores condicionantes tenemos:

Estructuras geológicas: Las estructuras geológicas que están afectando a las rocas y suelos que constituyen una ladera como: fracturas, fallas, planos de estratificación, pliegues y foliación son considerados porque estas pueden favorecer o no los procesos de inestabilidad de laderas (Ayala, Carcedo y Olcinas, 2002).

Litología: Son los aspectos más importantes a tener en cuenta para la ocurrencia de movimientos de ladera es de tipo de material que constituye las laderas, sus propiedades físicas y químicas y la resistencia al esfuerzo y tensión,

grado de meteorización de los mismos y su forma de evaluación en cada ambiente natural (Mora y Vahrson, 1993).

Morfometría: Las características morfométricas como la altura, amplitud de la ladera, pendiente, nos pueden dar una idea del grado de equilibrio de los materiales que la componen, se espera que ocurran movimientos de masa en pendiente moderada a muy elevada (Medina,1991).

Clima: Los ciclos climáticos pueden afectar el contenido de humedad de los materiales constituyentes de una ladera o taludes además de contribuir a acelerar la meteorización y disminuir la resistencia mecánica de dichos materiales (Mora y Vahrson, 1993).

Hidrogeología: Los parámetros hidrogeológicos como la capacidad de drenaje de los materiales, porosidad entre otros también influyen en los movimientos de masa (Rodríguez, 2016).

b. Factores desencadenantes

Estas variables hacen que un movimiento de ladera se active o desencadene aun en laderas en equilibrio. Entre los principales se tiene a la excavación, precipitación, sobrecarga, sismicidad, y actividades Antrópicas (Villacorta, 2007).

Actividad antrópica: Las actividades humanas o antrópicas son causantes de la ocurrencia de movimientos de masa. Un ejemplo es el caso ocurrido el 12 de enero del 2007 en Sao Paulo (Brasil), que, la ejecución de obras subterráneas de ampliación del Metro, las paredes de la obra se hundieron dejando un socavón de 40 metros de profundidad. Asimismo, la extracción de materiales para la construcción o la sobrecarga en una ladera debida a la urbanización o la sobre disposición de depósitos de acumulación de residuos sólidos, son cambios bruscos en la topografía de un área que pueden desencadenar un movimiento de ladera.

2.2.2. Tipos de movimientos en masa

Varnes, (1985) la clasificación oficial de la International Association of Engineering and Environment (IAEG) los movimientos en masa se clasifican con base en el tipo de movimiento y al material involucrado en éstos, lo cual genera todo un sistema de eventos secuenciales. Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto originalmente por el cual tipifica los principales tipos de movimientos que a continuación se detallan:

Tabla 1. Clasificación de movimientos en masa.

Tipos de movimientos	Tipos de Material		
	Roca	Suelos ingenieriles	
		Detritos Predominantemente Granular (<80%arena y más fina)	Tierra Predominantemente fina (>80%arena y más fino)
Caídas	Caída de roca	Caída de detritos	Caída de tierra
Vuelcos	Vuelcos de rocas	Vuelco en suelo granular	Vuelco en suelo cohesivo
Deslizamiento	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Derrumbe de tierra Desplazamiento de tierra
Flujos	Flujo de roca Reptación de Roca	Flujo de detritos Avalancha Reptación de suelos Soliflucción	Flujo húmedo de arena y limo Flujo rápido de tierra Flujo loess Flujo seco de arena Flujo de tierra
Complejo	Combinación de dos o más de los principales tipos de movimientos		

Fuente: Varnes, 1978.

Esta adaptación se basa en el tipo de movimiento y material involucrado, es así que se pueden encontrar en los tipos de movimientos diferenciados cuatro mecanismos, los cuales son las **caídas, deslizamientos, flujos y movimientos complejos**, también se consideran en este trabajo los procesos de erosión de

laderas. Siendo los tres primeros básicos, el cuarto considera la combinación de dos o más de los movimientos anteriores, la erosión de laderas ha sido considerada por ser predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de un movimiento en masa de gran magnitud.

a) Caídas: son movimientos toscos de una masa rocosa, de cualquier tamaño, se desprende de un talud empinado o un acantilado, y desciende por lo común a través del aire por caída libre, saltos, rodando, etc. La separación ocurre a lo largo de discontinuidades como juntas, planos de estratificación y fracturas. Los movimientos son rápidos a extremadamente rápidos. La gravedad influencia en las caídas, meteorización mecánica.

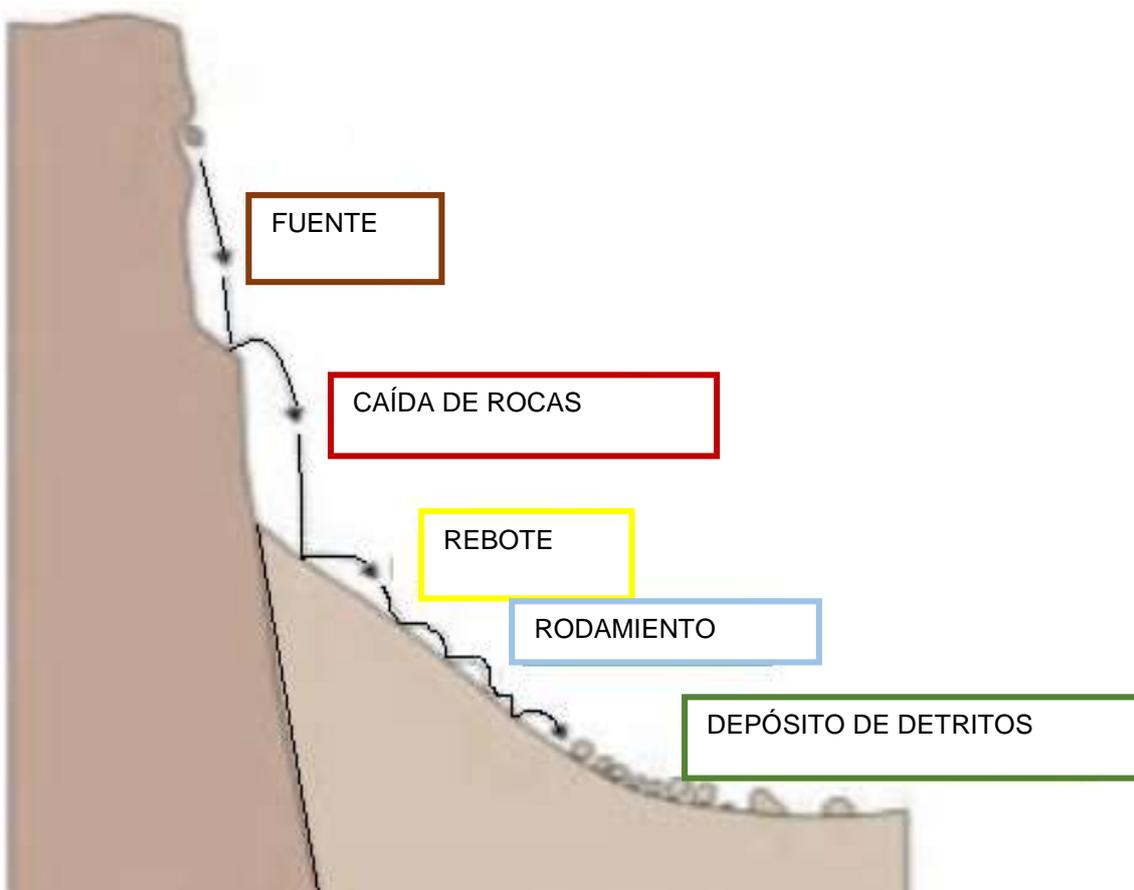


Figura 1. Esquema de caída de rocas
Fuente: Varnes (1978).

La presencia de agua intersticial dentro de las caídas puede diferenciar dos tipos de movimientos:

Caída de rocas: desprendimientos que ocurren en materiales no compactos y semi- compactos, como también en roca o suelo cementados con pendientes mayores a 40° (Varnes, 1978).



Figura 2. Esquema de caída de rocas

Derrumbes: es la disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso o mixto, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, costeras, áreas, acantilados rocosos, en laderas de moderada a elevada pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica (cortes de carreteras o áreas agrícolas), (Varnes, 1978).

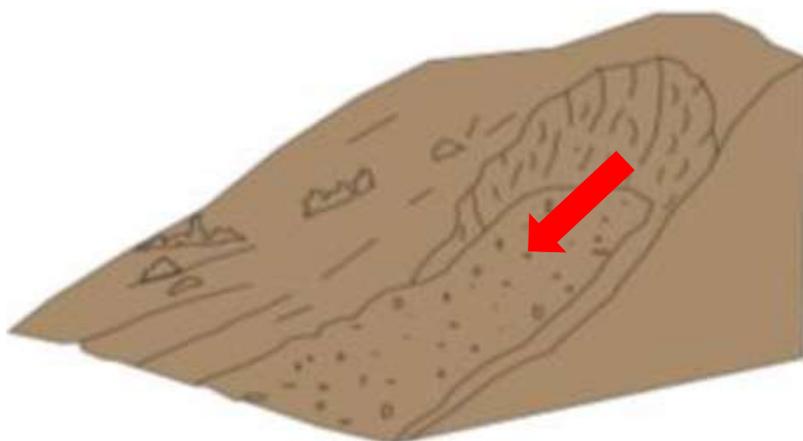


Figura 5. Esquema de derrumbe (Varnes, 1978).

Vuelcos: Son movimientos debido a los empujes que causan un movimiento de rotación alrededor de un punto de giro localizado en un punto inferior, bajo la acción de la gravedad y esfuerzos ejercidos por unidades adyacentes (empujes de tierras), se consideran que se producen exclusivamente en rocas, condicionados por la disposición estructural de los estratos contra el talud y/o un sistema de discontinuidades bien desarrollado (Varnes, 1978).

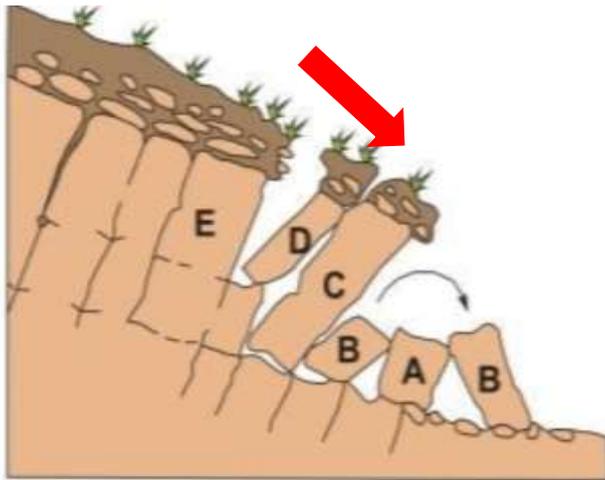


Figura 3. Esquema de vuelco

b) Deslizamiento: Éste movimiento consiste de una deformación por desplazamiento y corte a lo largo de una o varias superficies visibles y que pueden inferirse, dentro de una zona más o menos estrecha. Se diferencian los siguientes tipos de deslizamiento:

Deslizamiento rotacional: Se produce a lo largo de una superficie de ruptura de forma cóncava, semicircular y circular hacia arriba, su velocidad varía de lenta, moderada a rápida teniendo gran cobertura la inclinación de la superficie de ruptura en el pie del deslizamiento, se puede producir en rocas muy fracturadas, detritos y suelo (Varnes, 1978).

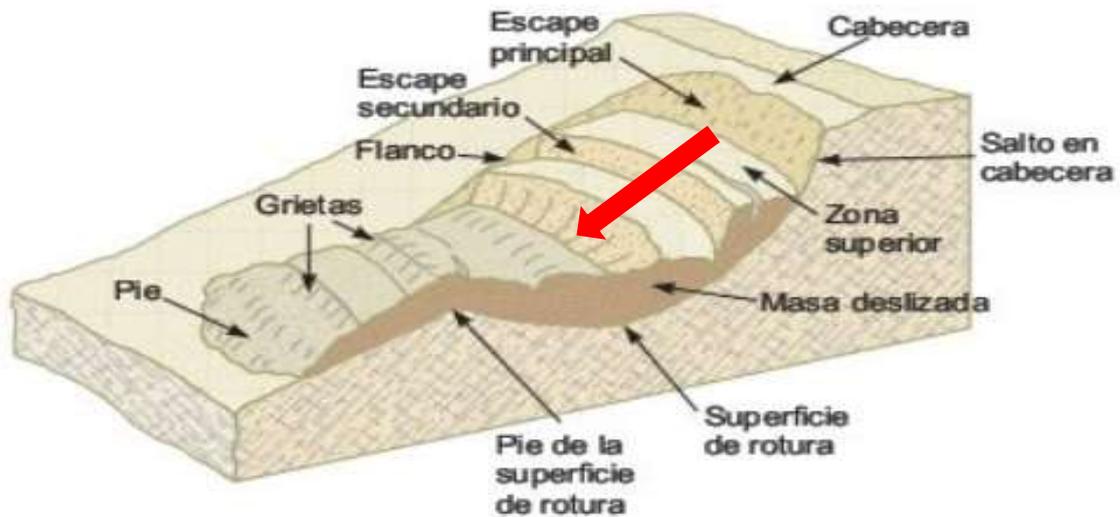


Figura 4. Esquema de deslizamiento rotacional.

Deslizamiento traslacional: Se produce a lo largo de una superficie de ruptura plana u ondulada; controlada o relacionada estructuralmente con superficies de debilidad como son las diaclasas, planos de estratificación, fallas o por contacto entre substrato rocoso firme y depósitos suprayacentes superficiales, se pueden producir en detritos, suelos y roca, (Varnes, 1978).

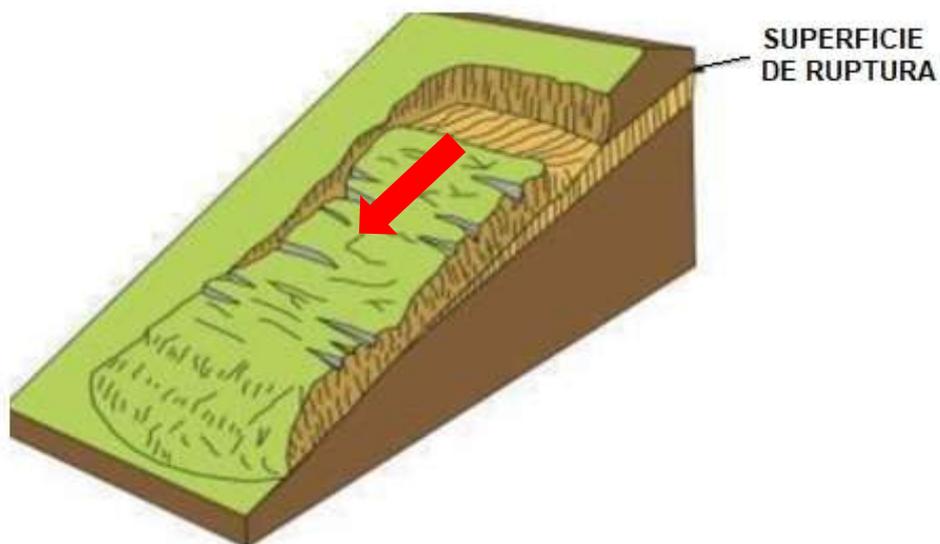


Figura 5. Esquemas de deslizamiento traslacional.

c) Flujos: Son movimientos de material litológico que van de textura fina a gruesa que se desplazan a lo largo de una superficie, muestran un comportamiento semejante a un fluido, puede ser saturado o seco, rápido o lento, los cuales pueden ser:

Flujos de detritos: entendidos también como huaycos, son corrientes que se caracterizan por avenidas intempestivas de agua turbia o flujos muy rápidos, que arrastra a su paso materiales de diferentes características provenientes de la meteorización de las rocas, sedimentació; estos van desde enormes bloques de roca hasta suelos finos, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por accionar del agua.

Se desplazan a lo largo de un cauce definido con desbordes laterales, en su parte terminal está conformado por un abanico coluvial (Varnes, 1978).

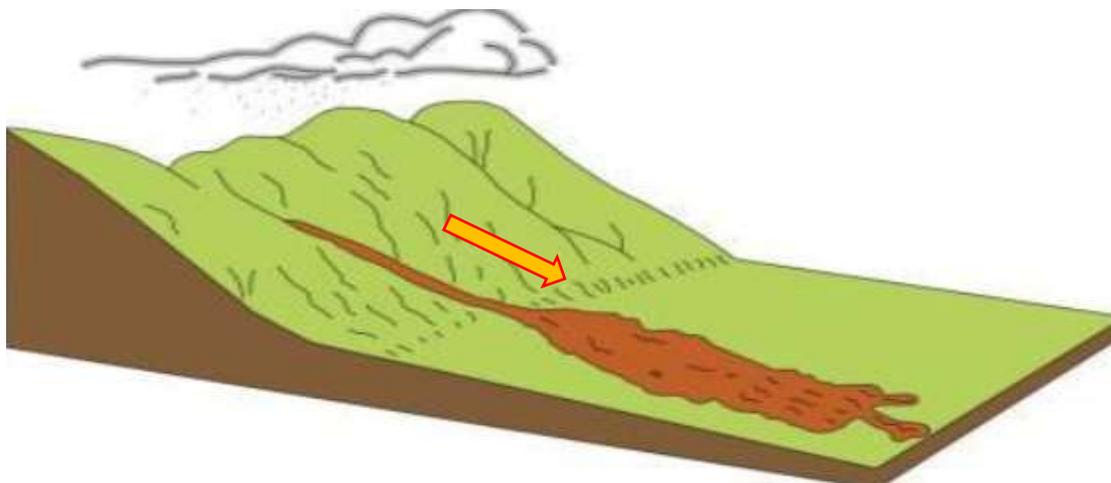


Figura 6. Esquema de flujos canalizados

Avalancha de detritos: Es una variedad de flujo de detritos no canalizado muy rápida a extremadamente rápida, puede desplazarse sobre áreas abiertas en laderas de alta pendiente (Varnes, 1978).

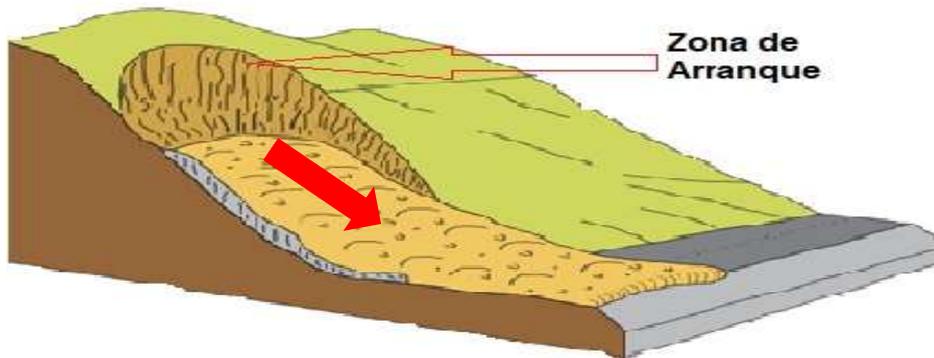


Figura 7. Avalancha de detritos

Flujo de lodo: Es un flujo de tierra en donde el material está bastante húmedo para que pueda fluir rápidamente, contiene menos del 50% de partículas de tamaño de limos, arcillas y arenas, El movimiento del flujo del lodo se debe a la gravedad, duración de las lluvias y su velocidad depende en mayor grado por la viscosidad del lodo y la pendiente por donde se desplazan, con influencia de las dimensiones del canal y la rugosidad que presenta la superficie por donde se desplaza (Varnes, 1978).

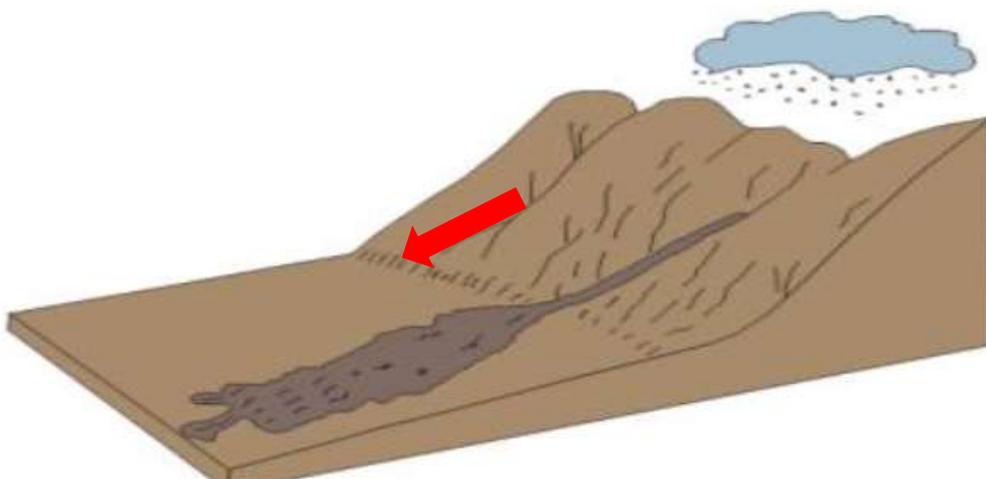


Figura 8. esquema de flujos de lodos

Reptación de suelos: movimientos extremadamente lentos casi imperceptibles según la pendiente de una parte de la ladera natural, que comprometen a una masa de suelo detrítico coluvial con abundante matriz arcillosa y/o rocas blandas, susceptibles de experimentar deformación elastoplástica. El movimiento no es homogéneo y dentro de la masa se distingue varios movimientos relativamente parciales, con desplazamientos verticales del orden de centímetros y el horizontal casi nulo (Varnes, 1978).

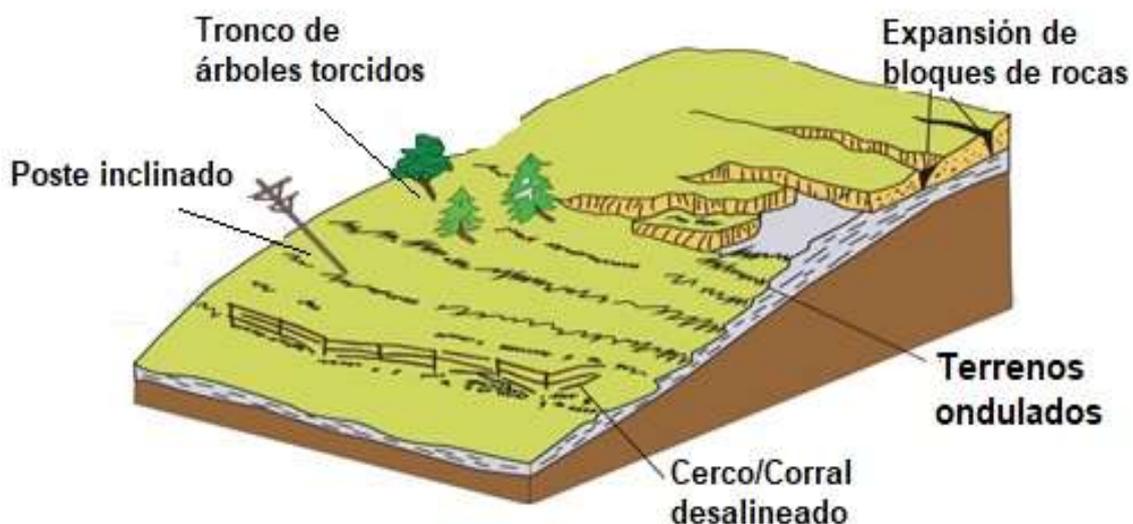


Figura 9. Esquema de reptación de suelos

d) Movimientos complejos: Se produce por la combinación de uno o más de los cinco tipos de movimientos descritos anteriormente, muchos deslizamientos son complejos, aunque un tipo de movimiento generalmente domina sobre los otros en ciertas áreas del deslizamiento en un instante particular (por ejemplo, se tienen deslizamientos-flujos de tierra, avalancha de rocas), (Varnes, 1978).

Erosión de laderas: La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento. El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escurrimientos (escurrimiento) en contacto con el suelo. exigen la remoción de la cobertura vegetal y excavaciones del suelo. Estas acciones, conlleva a la generación de

problemas en laderas y cursos de agua por la generación e incorporación de suelo removido a las corrientes, los cuales pueden alterar ecosistemas naturales y generan problemas de sedimentación in situ (Varnes, 1978).

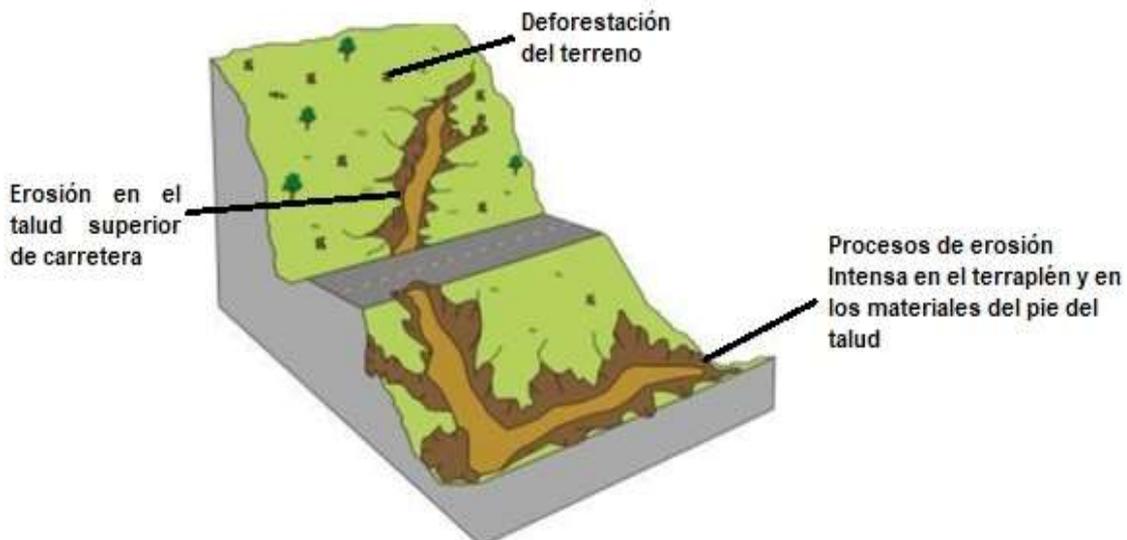


Figura 10. Esquema de erosión de laderas

Cárcavas: Tipo de erosión determinada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas. La presencia de cárcavas en el terreno, indica un grado avanzado de degradación del suelo, ya que, si las pequeñas incisiones por las que circula el agua en la ladera no se eliminan, estas progresarán en el sentido aguas abajo captando desprendimientos y derrumbes de materiales de mayor tamaño debido a la falta de cohesión por exceso de humedad (Varnes, 1985).

2.2.3. Peligros geológicos

Peligro natural es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un periodo de tiempo especificado en un área dada. También ha sido definido el peligro como "la capacidad de daño (personal y material) de un fenómeno con respecto al tiempo. Si el tiempo es muy grande (por ejemplo, miles de años), el riesgo es despreciable si se compara con la duración de una civilización" (Anguita & Serrano, 1993; Sanhueza & Vidal, 1996).

Por tanto, se puede decir que riesgo geológico es todo fenómeno geológico adverso a construcciones pasadas, presentes o futuras o el uso de tierras, significando un riesgo para la salud, seguridad pública o de sus bienes. Los peligros geológicos de índole natural, es decir, aquellos que no se producen en origen por acción antrópica, aunque los pueda potenciar, pueden originarse de dos tipos; los de tipo endógeno que tienen lugar en el interior de la Tierra y originan fenómenos naturales como los sismos, los tsunamis y los volcanes; y los de tipo exógeno que se presentan en la superficie terrestre como intemperismo, erosión y acumulación, debido a las acciones de la gravedad, agua, aire, sol y otros factores que, en conjunto, dan composición, forma y estructura a la superficie terrestre. Los peligros geológicos comprenden los temas de: fallas y fracturas, erosión, sismos, volcanes, tsunamis, hundimientos, deslizamientos, derrumbes y flujos de lodo (Varnes, 1978).

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una intensidad o magnitud dada, en una zona o localidad conocida, dentro de un periodo de tiempo definido, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente.

En otros países se utiliza el término de amenaza, para referirse al mismo concepto, sin embargo, de acuerdo al glosario aprobado, se entiende por Amenaza como peligro inminente (INDECI, 2011).

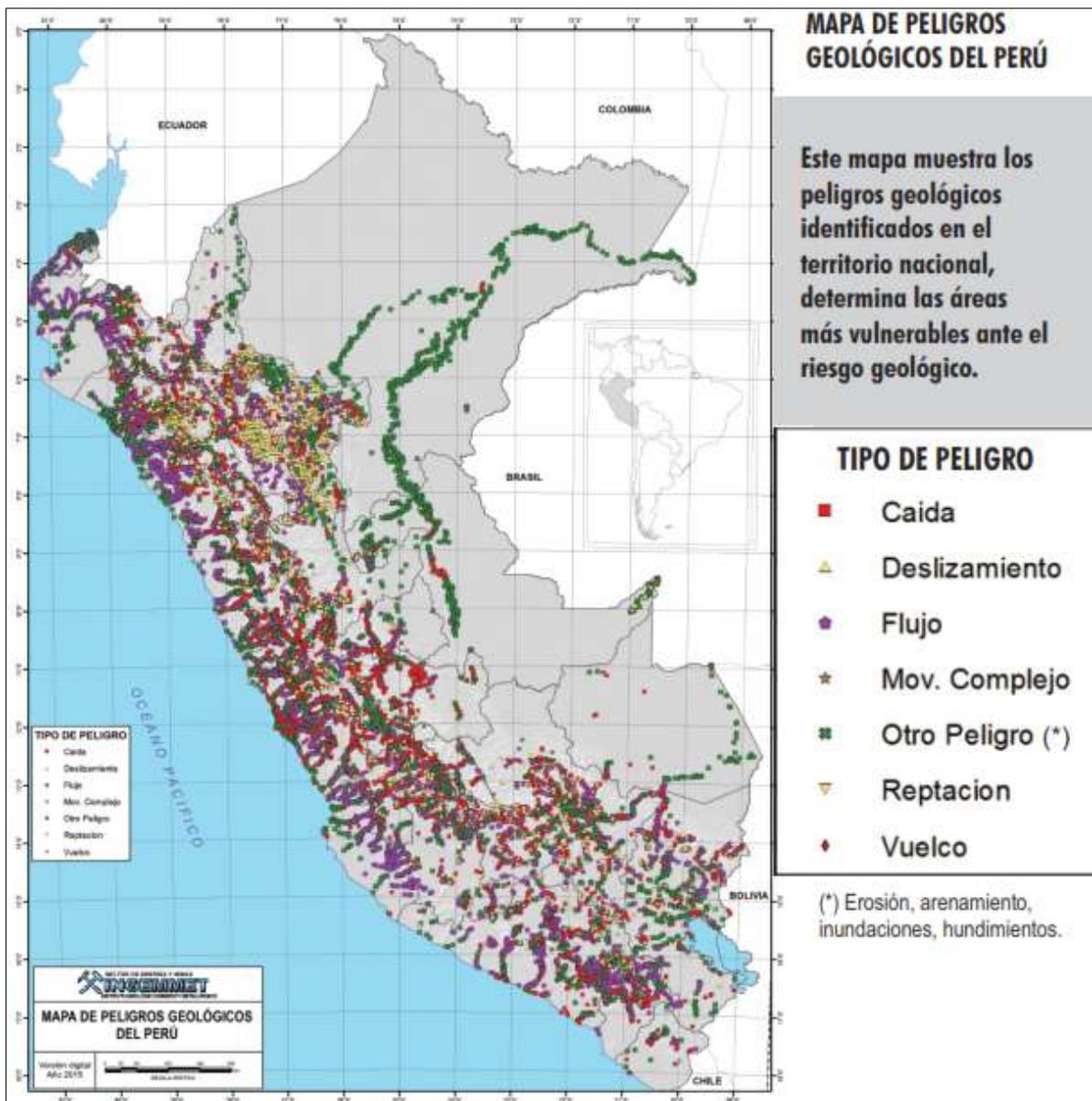


Figura 11. Inventario Nacional de Peligros Geológicos (INGEMMET, 2020).

A) Factores Naturales

a) Condiciones de roca y suelo: Suelo húmedos saturado de agua, escombros poco consolidados y rocas fracturadas y erosionadas pueden generar deslizamiento.

b) Topografía: La pendiente de las laderas es un factor determinante en la Formación de movimientos en masa. En general, mientras más es la pendiente, mayor es la amenaza.

c) Lluvia: La duración y cantidad de la lluvia controlan la desestabilización de una ladera.

d) Actividad sísmica: Al producirse un temblor este genera vibraciones que pueden afectar el equilibrio de las laderas los cuales originan movimientos en masa.

Cuanto mayor sea la frecuencia de la actividad sísmica, duración e intensidad, mayor es el peligro de un movimiento en masa.

e) Actividad Antrópica: Excavaciones para la construcción de viviendas, escuelas, canales, carreteras. Sobrecargas como resultado del aumento de peso. Se produce a varios tipos de construcciones sobre el suelo: acumulación de materiales, de agua, terraplenes y rellenos.

B) Factores de Inestabilidad de los Peligros Geológicos

Los factores que intervienen en la ocurrencia de los diferentes tipos de los peligros geológicos son los siguientes:

a) La naturaleza de los materiales: La litología, en muchos casos de mala calidad, tanto por su grado de meteorización y/o fracturamiento, los depósitos coluviales, esto condiciona mayor erosión en el suelo coluvial y mayor disponibilidad en las rocas fracturadas

b) La topografía que presenta la zona de estudio: Las pendientes que presenta la zona de estudio en su mayoría son fuertes, en estos lugares se observa gran concentración de peligros geológicos. El grado de pendiente determina, en gran medida, la velocidad del movimiento, en terrenos con pendientes entre 50° y 30° se producen todo tipo de movimientos en masa más o menos lento, por encima de 30° ocurren con mayor frecuencia movimientos rápidos.

c) Factores climáticos: Viene a ser uno de los principales factores para que se den los diferentes tipos de peligros geológicos, las precipitaciones pluviales en esta zona son constantes entre los meses de noviembre a abril, generando la saturación de los depósitos coluviales, la infiltración de las aguas por las fracturas y diaclasas del granito y el incremento del caudal de los ríos, como lo sucedido el año 2010.

d) La vegetación: Tiene una influencia en la ocurrencia de los diversos tipos de peligros, algunos árboles tienen raíces superficiales que no amarran y no detienen ningún fenómeno que fuera a ocurrir debido a que existe escaso material de cobertura por la pendiente que presentan las laderas, por otro lado, existen otros árboles que introducen sus raíces por las fracturas de las rocas, separándolas aún más, debilitando el macizo, generando así derrumbes y/o caída de rocas.

2.2.3. Zonificación de la amenaza y susceptibilidad por MM.

Teniendo como una herramienta de fácil uso La zonificación de la amenaza y/o susceptibilidad la cual es utilizada en diferentes partes del mundo, donde se está propenso a los MM. Se realizan diversas técnicas para realizar la zonificación, tomando siempre los factores como: costo-beneficio, escala de trabajo, tiempo estipulado, relación del objeto de estudio, información disponible, precisión o exactitud de los resultados, capacidad de análisis, conocimientos de los investigadores de acuerdo a la vasta experiencia en campo o por investigaciones pasadas. La zonificación de la susceptibilidad y/o amenaza requiere trabajado a detalle y muy minucioso de los procesos de inestabilidad; el análisis de estos procesos en relación con su marco ambiental - Geológico; el análisis de los factores de susceptibilidad; la representación espacial de los factores y de los procesos de inestabilidad (Mora y Vahrson, 1993).

Carrara et. al. (2008), las mayores incertidumbres en estos estudios se encuentran en los métodos estadísticos en resultados de zonificación de susceptibilidad, esto se debe a que en su estudio estadístico se concentra en ponderaciones obtenidas con relaciones de la distribución tempo-espacial de

factores condicionantes de la estabilidad de los taludes y/o laderas; asumiéndose que los factores que causaron roturas en una región específica son similares a los que podrían generar deslizamientos en el futuro.

Nuevas herramientas como los Sistemas de Información Geográfica y el uso de sensores remotos, facilitan cada vez con mayor celeridad y exactitud el tratamiento de la información, permitiendo rápidamente la actualización de la misma. Estudios de amenaza y/o susceptibilidad multi temporal permiten predecir con más fiabilidad las áreas, observando el desarrollo de la inestabilidad en el tiempo y más rapidez en la captura de variables involucradas en los análisis. Las técnicas de zonificación están en desarrollo constante, y cada día surgen nuevos métodos, más precisos y confiables, que pueden ser usados en diversas regiones a un costo razonable. Un mapa idóneo de amenaza y/o susceptibilidad por movimientos de masa, debería proveer información sobre la probabilidad de ocurrencia temporal y espacial, velocidad, tipo, magnitud, distancia de recorrido, y límite de regresión de los movimientos de masa en cierta área de interés (Suárez, 1998).

Se empieza con el análisis de riesgo en una correcta Evaluación de la susceptibilidad, por lo que un cartografiado idóneo de amenaza por inestabilidad de taludes se tendría que adicionar información sobre la probabilidad tempoespacial de ocurrencia de dichos sucesos, la distancia, el límite de avance retrogresivo del tipo de la magnitud y movimientos en masa (Hartlen y Viberg, 1996).

2.2.4 Riesgo

Está definido como las pérdidas potenciales que se deben a un terremoto natural determinado (pérdidas económicas, consecuencias mortales, daños a viviendas, edificaciones o estructuras) (González de Vallejo, 2002).

Según Smith (2001) el riesgo puede definirse como la probabilidad de que ocurra un peligro y cause pérdidas, y su evaluación se realiza a partir de la siguiente fórmula:

$$R = P \times Pe$$

P = la peligrosidad o probabilidad de ocurrencia del proceso, y

Pe las pérdidas esperadas.

El riesgo es la posibilidad de afectar significativamente las vidas o bienes a causa de un fenómeno dañino que tiene una probabilidad determinada de ocurrir dentro de un plazo de tiempo dado. La relación entre amenaza y riesgo se establece por medio de la expresión.

Riesgo= Amenaza x Vulnerabilidad

Riesgo = [Peligrosidad x Vulnerabilidad] – capacidad de respuesta

2.2.5 Factores de amenaza y factores de riesgo

Según Smith (2001). son:

- La susceptibilidad.
- Eventos detonantes como precipitaciones, terremotos, erosión y sobrecargas.
- El nivel de amenaza latente.
- La manifestación de elementos los cuales pueden tener daños posibles
- La resistencia al fenómeno de exposición de los elementos amenazados, para evitar sufrir daños contexturales ni funcionales.

2.2.6 Medidas y tipos de riesgos

Suárez (1998), esta etapa en la que los juicios y valores entran en el proceso de decisiones, incluyendo opiniones de la importancia de los riesgos estimados y las consecuencias sociales, geológicas, ambientales y económicas asociadas, con el fin de identificar un rango de alternativas para el manejo de los riesgos y desastres naturales.

Manejo de Riesgo: el proceso completo de evaluación y control del riesgo.

- Riesgo aceptable: un riesgo, para los propósitos de vida cotidiana o se esta preparado a aceptar tal como es, sin preocupación de su manejo. La sociedad no considera razonable ejecutar gastos para reducir esos riesgos.
- Riesgo social: el riesgo de lesiones múltiples o muertes a una sociedad como un todo.
- Riesgo Individual: el riesgo de la fatalidad o lesión de una persona identificable con nombre propio, quien vive dentro del lugar donde se esta expuesto al deslizamiento y quien tiene un sistema de vida particular que lo puede exponer al deslizamiento o sus consecuencias directas e indirectas.
- Riesgo tolerable: es cuando la sociedad está acostumbrada a vivir con este tipo de riesgo, con la confianza de que está controlado hasta donde es posible y necesario.

2.2.8. Amenaza / peligro

Evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Estos incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrogeológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada uno de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad (UN/ISDR, 2004).

2.2.9. Gestión de riesgo de desastres

El centro poblado se organiza en asociaciones de usuarios de agua del río Quilish tomando en Conjunto decisiones administrativas de organización y conocimiento operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas estratégicas y fortalecer sus capacidades a fin de reducir

el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades incluyendo medidas estructurales y no estructurales para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres (UN/ISDR, 2004).

2.2.10. Método Heurístico o Empírico

El método empírico es un modelo de investigación que pretende obtener conocimiento a partir de la observación de la realidad. Por ende, está basado en la experiencia. En este modelo, la observación in situ es el punto de partida para formular hipótesis, donde deben ser sometidas a prueba mediante la experimentación. Toda investigación basada en el método empírico se caracteriza por:

Objeto de estudio: la realidad sensible, es decir, aquello que puede ser observado, medido, cuantificado o verificado.

Fuente de conocimiento: la experiencia directa.

Punto de partida: formulación de una hipótesis.

Demostración: basada en refutación o confirmación de la hipótesis.

Utilidad: aplicación directa y concreta sobre la realidad.

Estos aspectos diferencian al método empírico de los métodos propios de las ciencias formales y las humanidades, basadas en la abstracción y el razonamiento lógico. Las ciencias que usan el método empírico son las llamadas ciencias fácticas (Carranza 2008).

2.2.10.1. Ponderación

La ponderación se realiza considerando la mayor y menor frecuencia de los movimientos en masas identificados en un área de estudio. Para explicar este proceso de ponderación se tiene el siguiente ejercicio: (INGEOMINAS 1998).

Tabla 2. Determinación de la ponderación

Movimiento en masa	Frecuencia
Deslizamiento	13
Caída de rocas	2 (menor)
Flujo de detritos	10
Flujo de escombros	20 (Mayor)
Movimientos complejos	6
Total	51

Fuente: Horna, (2011).

Se puede observar que la menor frecuencia es 2 que corresponde a caída de rocas. La mayor frecuencia es 20 que corresponde a flujos de escombros. La diferencia entre ellos es 18 y como la ponderación siempre va de 1 (mínimo) y 5 (máximo). El valor de la diferencia entre estos dos valores es 18, este valor se divide entre 5 ($18/5=3.6$). Este valor obtenido se va sumando sucesivamente desde la menor a la mayor frecuencia de la siguiente manera de esta manera:

$$2 + 3.6 = 5.6$$

$$5.6 + 3.6 = 9.2$$

$$9.2 + 3.6 = 12.8$$

$$12.8 + 3.6 = 16.4$$

$$16.4 + 3.6 = 20$$

Como se puede notar se han generado intervalos en donde todas las frecuencias están contenidas en ellas.

Tabla 3. Ejemplo de cálculo de ponderación

Intervalo	Ponderación	Resultado de la ponderación
(2.0- 5,6)	1 (muy poco frecuente)	2
(5.61- 9.2)	2(poco frecuente)	6
(9.21- 12.8)	3 (frecuente)	10
(12.81- 16.4)	4 (muy frecuente)	13
(16.41- 20.0)	5 (extremadamente frecuente)	20
		Total 51

Fuente: Varnes, (1978).

2.2.10.2. Método de los colores

Para esta investigación se ha considerado cinco (05) colores que determina el grado de ponderación.

Tabla 4. colores utilizados en la presente investigación.

Extremadamente frecuente	
Muy frecuente	
Frecuente	
Poco frecuente	
Muy poco frecuente	

Fuente: Varnes, (1978).

Tabla 5. Ejemplo de cálculo de ponderación

Movimiento en masa	Frecuencia	Color	Frecuencia
Deslizamiento	13	Muy frecuente	4
Caída de rocas	2	Muy Poco frecuente	1
Flujo de detritos	10	Frecuente	3
Flujo de escombros	20	Extremadamente frecuente	5
Movimientos complejos	6	Poco frecuente	2
Total	51		

Fuente: Varnes, (1978).

2.2.10.3. Parámetros estadísticos

El análisis de datos en relación de algoritmos necesita de una base de datos cuantitativa de las unidades en menor proporción del mapa factor.

La metodología utilizada de semi aproximación cuantitativa usada mediante la técnica de densidad de puntos propuesta por INGEOMINAS (2001), necesita del trabajo de análisis estadísticos de dispersión, distribución y su respectiva categorización de las ponderaciones de susceptibilidad (Ver Tabla 07).

2.2.10.4. Medidas de dispersión

Rango: Es el valor mayor (V máx) – el Valor mínimo.

Rango = Valor máximo - Valor mínimo

El intervalo de una clase es la amplitud dividida entre el número de clases.

Intervalo = (Vmáx – Vmín) / N° de clases

2.2.11. Método Probabilístico

Este método nos facilita establecer relaciones estadísticas cuantificables entre una relación de factores determinantes de los peligros geológicos como la

litología, pendiente, hidrogeología, cobertura vegetal, grado de meteorización de las rocas, geomorfología, etc. y la distribución actual y/o pasada de los movimientos a escala de detalle. Su uso requiere crear una base de datos que incluya toda la información (Carrara, 2008).

2.2.11.1. Análisis Estadístico Univariado o Divariado

Se considera como un estudio de cercanías en su procesamiento semi cuantitativa que establece estimar la posibilidad de ocurrencia de peligros geológicos en una zona de riesgo. Este procesamiento consiste en determinar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable o factor intrínseco (subunidades de mapas temáticos) tiene en la susceptibilidad, se desarrolla efectuando la sumatoria de zonas de cada tipo dependiendo a la clasificación del movimiento de masa que se encuentre dentro de las zonas que abarca cada unidad cartográfica (INGEOMINAS, 1998).

Esta fórmula es la siguiente:

$$P\% = \text{SAMM} \times 100/S$$

Dónde:

P = peso o susceptibilidad de la UCP respecto al movimiento en masas.

SAMM= Superficie acumulada de movimiento en masa en Km²

S = superficie total acumulada de la UCP.

UCP = Unidad Cartográfica de Parámetro (INGEOMINAS, 1998).

2.2.12. Matriz de Jerarquías Múltiples (MJM)

Se utiliza la MJM para jerarquizar datos donde no es posible homogeneizar los criterios de evaluación, está referido a problemas donde se necesita ordenar o elegir entre varias opciones en relación de algunas reglas pre establecidas.

Tabla 6. Se muestra un ejemplo de cómo se llena los casilleros de acuerdo a la importancia de los siete (7) factores condicionantes de la inestabilidad.

Unidades	Geológicas (9)	Pendientes (7)	Geomorfología (5)	Cobertura vegetal (3)	Hidrogeológicas (1)
Geológicas (9)	9/9	9/7	9/5	9/3	9/1
DEM (7)	7/9	7/7	7/5	7/3	7/1
Geomorfologías (5)	5/9	5/7	5/5	5/3	5/1
Cobertura vegetal (3)	3/9	3/7	3/5	3/3	3/1
Hidrogeológicas (1)	1/9	1/7	1/5	1/3	1/1

Fuente: Varnes, (1978).

Por ejemplo, en un área de investigación, se concluye que los FCI son en orden de importancia: el geológico, de pendientes, geomorfológico, hidrogeología en estricto orden de importancia tomarían los valores de: 9, 7, 5, 3, 1.

Factor geológico (9)

Factor de Pendientes (7)

Factor geomorfológico (5)

Factor de cobertura vegetal (3)

Factor de hidrogeológico (1)

En esta matriz de doble entrada, se establece:

9/9, 9/7, 9/5, 9/3, 9/1, para la primera fila

7/9, 7/7, 7/5, 7/3, 7/1 para la segunda fila

y así seguimos llenando el cuadro. Formándose una diagonal relacionado con la unidad.

2.2.15. Razón de Consistencia (RC)

Este factor se utiliza para demostrar el grado de consistencia de las ponderaciones, se necesita que el valor sea menor a 0,10. Para ello se utiliza la siguiente fórmula: INGEOMINAS (2000), Este valor está diseñado de tal manera que los valores que exceden de 0.1 son señal de juicios inconsistentes; es probable que el que toma las decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.1 o menos son indicadores de señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. Para ello se necesita la siguiente fórmula: (INGEOMINAS, 2000).

$$C = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC ≤ 0.1: consistencia razonable

RC > 0.1: inconsistencia

Dónde:

RC : Razón de Consistencia.

IC : Índice de consistencia.

IA : Índice aleatorio.

λ_{\max} : Eigenvalor máximo o principal.

Tabla 7. Muestra los valores de índice de consistencia (IA) para un número determinado de mapas factores. N significa el número de variables utilizados en el análisis.

Nº de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio de consistencia (IA)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: INGEOMINAS (2000).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Susceptibilidad se refiere al grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genera o a que resulte afectada por un fenómeno de remoción en masa debido a sus condiciones intrínsecas, como pueden ser la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, las condiciones de drenaje superficial y sub-superficial, la cobertura del terreno y la trayectoria de la masa en movimiento (UN/ISDR, 2004).

Evaluación de riesgos/análisis Metodología utilizada para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de peligros (amenazas) potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen. El proceso de evaluación de riesgos de basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo (UN/ISDR, 2004).

Deslizamiento Es un movimiento de ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Varnes, 1987).

Derrumbe Disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópico, así como cortes de carreteras o áreas agrícolas (Varnes, 1987).

Flujo Son movimientos de material litológico de textura fina y gruesa que se desplazan a lo largo de una superficie, exhibe un comportamiento semejante a un fluido, puede ser rápido o lento, saturado o seco, entre estos se tiene:

Flujos de detritos: Conocidos también como huaicos, son corrientes que se caracterizan por flujos muy rápidos o avenidas intempestivas de agua turbia, que arrastra a su paso materiales de diferentes características provenientes de la meteorización de las rocas, estos van desde suelos finos hasta enormes bloques de roca, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua (Varnes, 1987).

Erosión fluvial Es el trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial se realiza en varias formas tales como: arranque del material, abrasión fluvial, corrosión y atracción fluvial, la erosión fluvial socava su valle formando un perfil transversal en forma de V (cuando el río se encuentra en un estado juvenil de desarrollo), produce la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento. Cada uno de estos procesos se realiza de acuerdo al estadio de desarrollo, haciéndose más intenso o menos intenso el proceso según estadio. La erosión fluvial se desarrolla siguiendo patrones específicos de drenaje los cuales son controlados por la estructura geológica, por la dureza de la roca, por la carga fluvial y otros factores (Varnes, 1987).

Vulnerabilidad La teoría de vulnerabilidad propuesta se articula alrededor de conceptos relativamente nuevos como el elemento expuesto e interacción fenómeno-elemento, entre otros. Estos intentan facilitar la estimación de las consecuencias potenciales en caso de la materialización del fenómeno amenazante (UN/ISDR, 2004).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Geográfica

Geográficamente, los centros poblados de La Ramada y Manzanitas Alto se encuentran ubicados al norte de la ciudad de Cajamarca y a lado derecho del Km 18 de la carretera que va a la localidad de Bambamarca. El área de estudio posee una extensión de 5 km²; aproximadamente. Delimitada por las coordenadas del sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) sistema Datum WGS-84 (Ver figura 12).

Tabla 8. Coordenadas en UTM: WGS-84.

Vértice	Longitud	Latitud
1	768900	9218250
2	769550	9218420
3	770200	9216230
4	769400	9216050

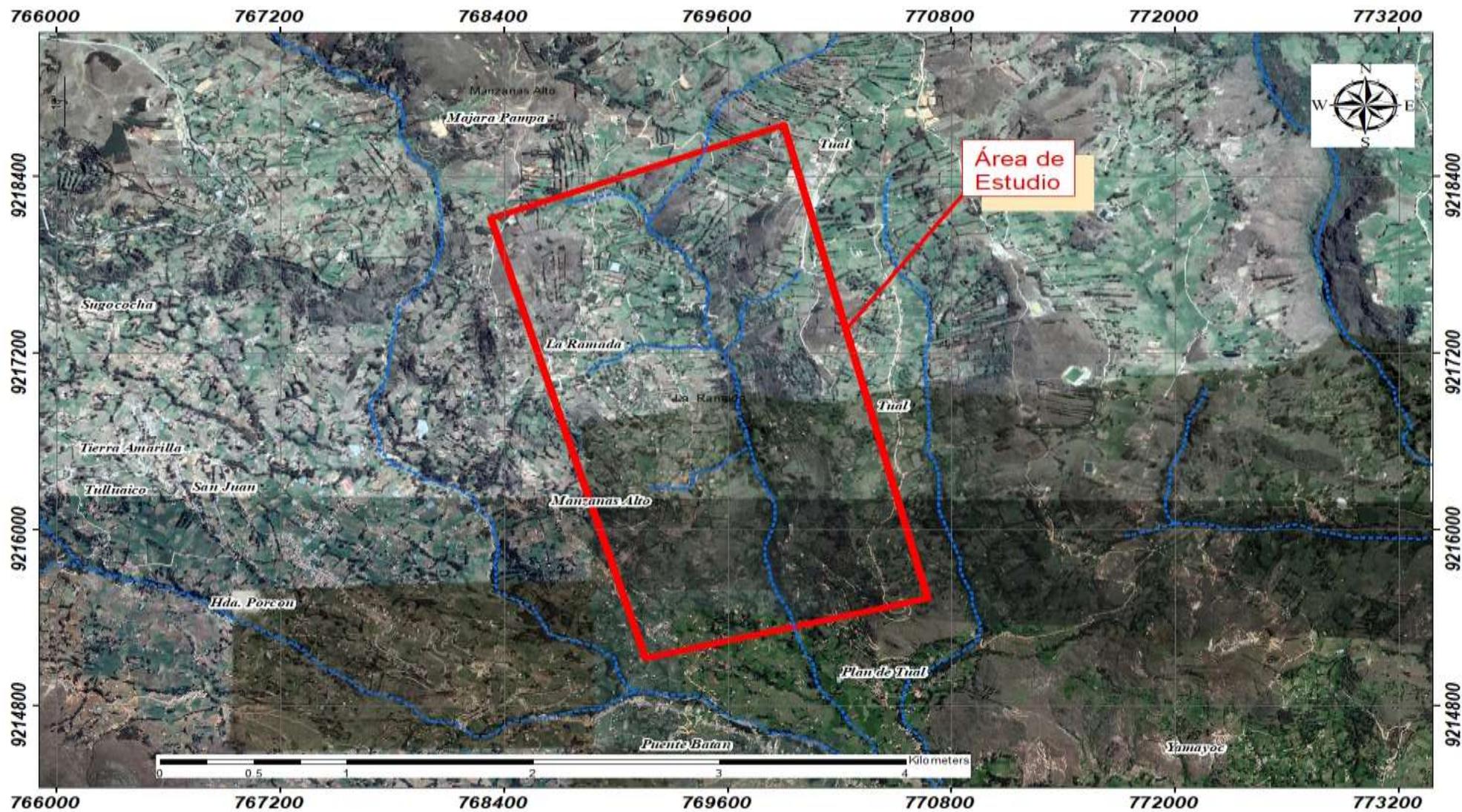


Figura 12. Ubicación de las zonas de estudio

Fuente: Google Earth (2022).

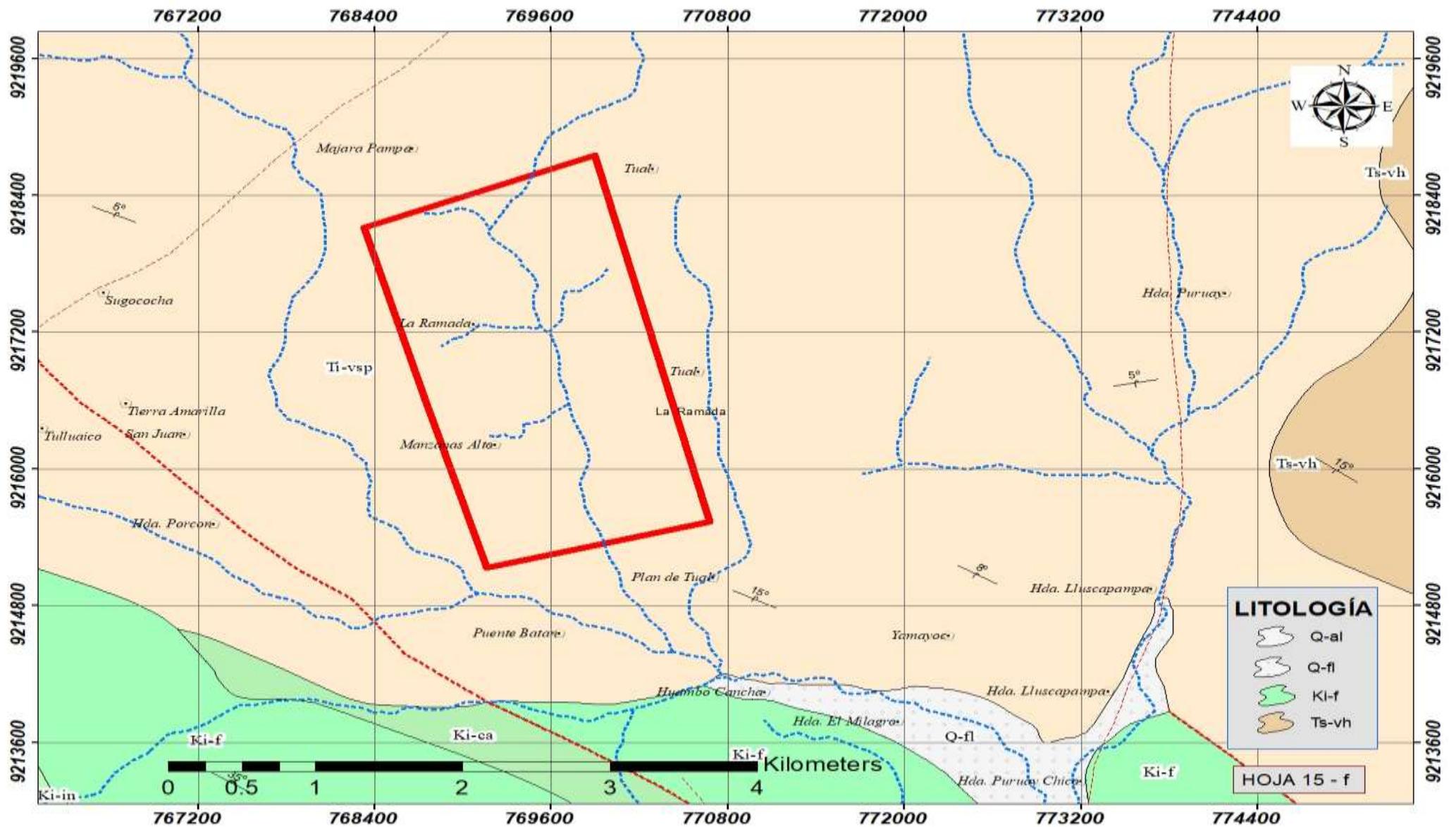


Figura 13. Ubicación en el Cuadrángulo de Cajamarca, Hoja 15-f

Fuente: INGEMMET (2017).

3.1.2 Política

Políticamente se ubica:

País: Perú

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: Cajamarca.

Centros Poblados: La Ramada – Manzanas Alto.

3.1.3. Accesibilidad

El acceso, es a través de la carretera asfaltada Cajamarca – Bambamarca, con una distancia de 8 km, un tiempo de 20 min en automóvil; y se continúa con la ruta de acceso a la Ramada a una distancia de 10 km, y un tiempo de 40 minutos aproximadamente por una carretera de herradura.

Tabla 9. Acceso a la zona de investigación

Ruta	Distancia (Km)	Estado	Tiempo (Hrs)
Cajamarca – La Ramada	18	Asfaltada y herradura	1.5
La Ramada- Manzana	3	Herradura	0.3

3.1.4. Clima

El área presenta un clima templado, moderadamente lluvioso, presencia de neblina y con amplitud térmica moderada, está condicionado por factores como la altitud y topografía del terreno (Weather Spark, 2021).

La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1958-1991) es 21.6°C y 5.6°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1959-1991 es 729.6 mm (Weather Spark, 2021).

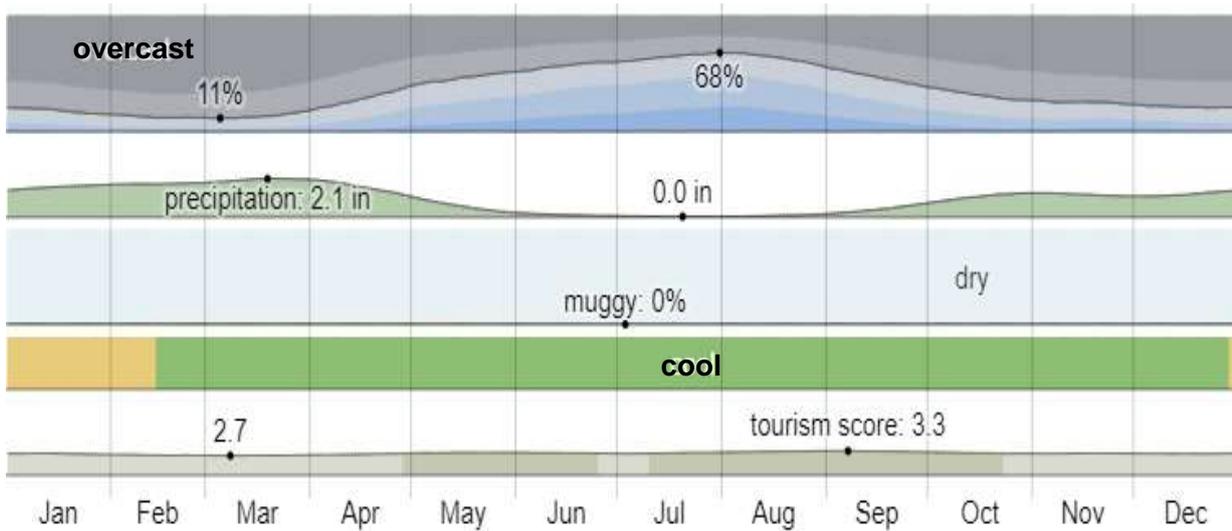


Figura 14. Clima del área de investigación en Cajamarca

Fuente: Weather Spark, (2021).



Figura 15. La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

Fuente: Weather Spark, (2021).

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.2.1 Etapa de gabinete

En esta etapa se efectuó la planificación de las tareas que se realizaron y que consistió en una exhaustiva recopilación de la información referente al tema de investigación. Se analizaron las imágenes satelitales para un mejor estudio de las estructuras geológicas y las geoformas. En esta etapa también se confeccionaron los planos de ubicación y el plano geológico, este último con la data de la carta 15-f de Cajamarca obtenido del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). En base al modelo digital de elevaciones (MED) se diseñaron el plano topográfico y de pendientes. La segunda fase lo conforma campañas de campo constituyendo un análisis e interpretaciones de los datos obtenidos en campo.

3.2.2 Etapa de campo

Se realizó el cartografiado geológico de la zona de la Ramada, a escala 1:20000; logrando un análisis descriptivo, permitiendo definir las condiciones geológicas. También se realizó análisis de peligros y riesgos geológicos de las laderas. En la cual se realizó medición del rumbo y buzamiento de los estratos y toma de coordenadas con el GPS en el sistema UTM. Datum: WGS-84. Nos conlleva a un Procesamiento de la información registrada.

3.2.3 Etapa final

Con la información obtenida en las etapas anteriores, se procesó e interpretó utilizando softwares, los datos obtenidos en campo haciendo uso: SAS Planet, ArcGIS 10.3. AutoCAD v. 2017 para la elaboración de planos, fichas descriptivas en roca volcánica, dando una interpretación general de la zona de trabajo.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de la investigación

Tipo de investigación: El tipo de investigación es Cualitativa y cuantitativa – no experimental, ya que se centra en la observación directa en campo de peligros geológicos.

Nivel de investigación: El nivel de investigación es Descriptivo – correlacional, explicar cómo ocurrieron ciertos eventos y en qué condiciones se formaron ciertas características encontradas en el área de estudio.

Diseño de investigación: Descriptivo – correlacional, de corte transversal, se estudia en un momento determinado de tiempo.

Método de investigación: Descriptivo – correlacional, induce de principios explicativos a partir de los eventos observados.

Tabla 10. Metodología de la investigación

CRITERIO	METODOLOGÍA
Tipo	Cualitativa y cuantitativa – no experimental
Nivel	Descriptivo – correlacional
Diseño	Descriptivo – correlacional, de corte transversal
Método	Descriptivo – correlacional

3.3.2. Población de Estudio

Peligros geológicos en el centro poblado la Ramada – Manzanas Alto y alrededores, área 5 km²

3.3.3. Muestra

Litología, tectónica, pendiente e hidrogeología.

3.3.4. Unidad de análisis

Macizo rocoso, geometría del talud, precipitaciones, infiltraciones y factor de seguridad.

3.3.5. Identificación de variables

Para la investigación se ha identificado como variables independientes deslizamientos, la litología, geomorfología; y como variable dependiente la evaluación de peligros geológicos.

3.3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas o instrumentos que a utilizarse es, básicamente, la observación, ficha de campo. Los diversos instrumentos y equipos que se usaron en la toma de datos y el análisis e interpretación de estos se detallan en la siguiente tabla:

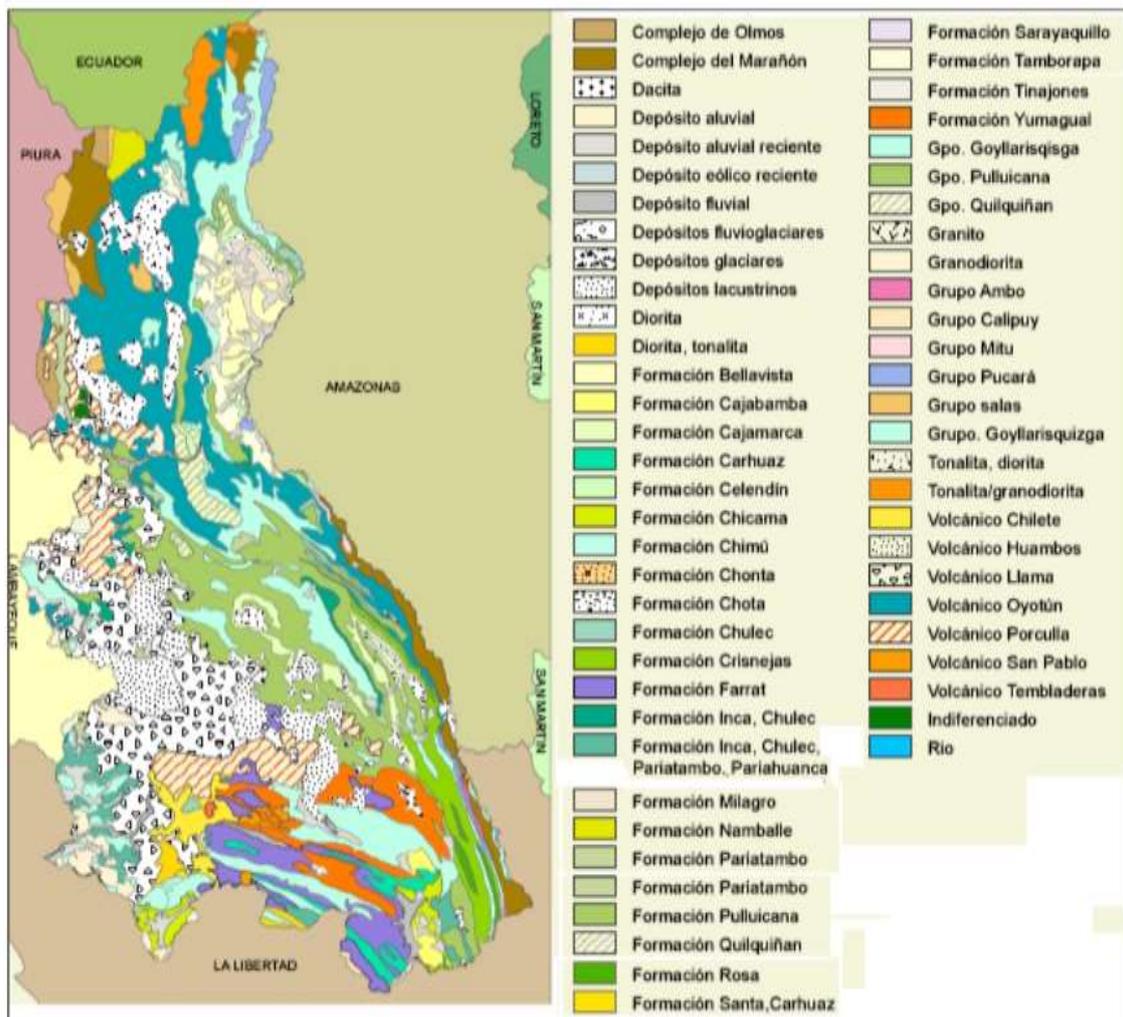
Tabla 11. Descripción de Instrumentos y equipos.

Instrumentos	Descripción
Planos Satelital, Topográfico, Geológico	Importante en el cartografiado geológico.
Libreta de campo a prueba de agua	Toma de datos geológicos con sus características más representativas.
Protactor a escalas múltiples de 5 000	Complementario en el cartografiado geológico con el uso de planos topográficos y el ploteo de puntos de control.
Picota de geólogo	Usado en la extracción de muestras intactas de rocas.
Lupa de geólogo 20x	Usado en la observación de la textura y mineralogía de las rocas.
Lápiz rayador	Determinar dureza de las rocas.
Ácido clorhídrico	Determinar la presencia de carbonato en las rocas.
Equipos	Descripción
Brújula Brunton	Medición orientación de estructuras geológicas o medir las pendientes de unidades geomorfológicas.
GPS Garmin navegador	Tomar coordenadas UTM de los puntos de control o estaciones en campo con 3m de precisión.
Cámara fotográfica digital 20 MP (Panasonic-Lumix)	Realizar fotografías de las estructuras en campo y recolectar evidencias del trabajo de campo.
Laptop TOSHIBA (Intel – Core I7)	Usada en el desarrollo del procesamiento de datos en la etapa de gabinete y redacción final de la tesis.

3.4. GEOLOGÍA REGIONAL

En el departamento de Cajamarca se desarrollaron diferentes Grupos y Formaciones, clasificadas de acuerdo a la antigüedad, composición y origen, así como oceánico o marino; o terrestre o continental de acuerdo a los materiales que los constituyen.

Figura 16. Geología regional.



Fuente: Ingemmet, 2021.

En el sector predomina rocas volcánicas de edad cenozoica, la misma que se encuentran cubriendo a las secuencias plegadas de edad cretácicas. En el cuadrángulo de Cajamarca 15-f del INGEMMET, se observan los plegamientos, fallamientos y fracturamientos que afectan a las secuencias cretácicas las

mismas que se originaron durante la Tectónica Incaica de hace 40 MA. Estas rocas sedimentarias cretácicas se ubican al sur de la zona de estudio.

3.5. GEOLOGÍA LOCAL

En el área de estudio presentan extensos afloramientos de rocas volcánicas de edad cenozoicas. Estas rocas representan una actividad volcánica de carácter explosivo. Se aprecian rocas dacíticas, riolíticas y esporádicamente rocas andesíticas. Estas rocas están sobreyaciendo en discordancia angular a secuencias sedimentarias cretácicas plegadas. Poseen una coloración gris blanquecina y cuando están meteorizadas adquieren una coloración gris marrón. (INGEMET, 2020).

3.5.1. Paleógeno – Neógeno.

3.5.1.1. Grupo Calipuy (P- ca)

Las rocas pertenecientes al Grupo Calipuy son los productos de una actividad volcánica post- tectónica Incaica. Representa un magmatismo cordillerano y explosivo-efusivo que siguió al emplazamiento definitivo del Batolito Andino. Generalmente, la disposición de esta serie vulcano-clástica ha sido subaérea y de gran extensión (Reyes, 1980). En la zona de estudio están representadas por rocas volcánicas andesíticas, riolíticas, dacíticas mayormente (INGEMET, 2020).

a Formación Porculla (Po-vsp)

La Formación Porculla está conformada por gruesos estratos compuestas por de rocas volcánicas de composición dacíticas y riolíticas y que a veces están intercaladas con areniscas volcánicas producto de un retrabajo, en la base y en el tope afloran secuencias de aglomerados piroclásticos con una notoria estratificación. El Volcánico San Pablo yace con suave discordancia erosional al Volcánico Chilete e infrayace al Volcánico Huambos en igual relación (INGEMET, 2020).



Figura 16. Afloramiento de roca volcánica, toba dacítica, que pertenece a la Formación Porculla. Coordenadas UTM N:9216748 E:769418. (Ver ficha 01)

FICHA 01

FICHA DESCRIPTIVAS DE ROCAS TOBACEAS		
MUESTRA-01	FOTO DE LA MUESTRA	
CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA		
ÓXIDOS DE HIERRO: (Limonita y hematita)		
LITICOS: 0,2cm a 0,4 cm.		
FELDESPATOS: 0,1mm - 2,00mm PLAGIOCLASA: 0.15 mm a 2.3 mm OPACOS: < 5.2 mm		
Fuente : (Arapa, 2019)	NOMBRE DE LA MUESTRA	TOBA DACITICA



Figura 17. Roca volcánica tobácea, toba Dacítica, perteneciente a la Formación Porculla. En muestra fresca es gris blanquecino. Coordenadas UTM N: 9216333 E: 769436. (Ver Ficha 02)

Ficha 02

FICHA DESCRIPTIVAS DE ROCAS TOBACEAS		
MUESTRA-02	FOTO DE LA MUESTRA	
CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA		
ÓXIDOS DE HIERRO: (Limonita y hematita)		
LITICOS: 0,1 cm a 0,3 cm.		
FELDESPATOS: 0,8 mm - 2,00mm PLAGIOCLASA: 0.11 mm a 2.1 mm OPACOS: < 0.3 mm		
Fuente : (Arapa, 2019)	NOMBRE DE LA MUESTRA	TOBA TRAQUITICA

3.5.2. Cuaternario

Depósitos fluviales (Qh- fl)

Los depósitos fluviales se encuentran a ambos márgenes del río Quilish y en algunas quebradas. Están compuestas por gravas sub redondeadas, los clastos son mayormente de naturaleza volcánica.



Figura 18. Depósitos fluviales. Se aprecian clastos subredondeados de rocas volcánicas en el lecho del río Quilish. Coordenadas UTM N: 9217293 E: 769415.

3.6. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el área de estudio afloran secuencias volcánicas que fueron depositadas como consecuencia de una actividad volcánica mayormente explosiva. Afloran rocas tobáceas traquíticas, dacíticas y riolíticas y esporádicamente andesíticas. Se encuentran sobreyaciendo a las rocas plegadas del Cretácico. Por esta razón se le considera que estas rocas volcánicas se han depositado posteriormente a la tectónica Incaica. Cabe indicar que, estas rocas se encuentran aflorando casi en un 90%, por lo que no se evidenció fallamientos de gran envergadura solamente algunos sistemas de fracturamientos en las estaciones RM1, RM2, RM7 (Reyes, L. 1980).

3.7. GEOMORFOLOGÍA

El área de investigación geomorfológicamente se clasifica según su pendiente. Además, presenta una altitud mínima de 3000 m.s.n.m. y una altitud máxima de 3520 m.s.n.m.

Tabla 12. Clasificación de geomorfología.

Geoforma	Pendiente
Planicie	0° - 8°
Lomada	8° - 20°
Ladera	20° - 50°
Escarpe	> 50°

Fuente: Tomado de Rodríguez (2014).

3.7.1. Planicies

Superficies ligeramente onduladas, caracterizadas por presentar pendientes de 0° a 8°, en la cual su morfología es bastante homogénea producto de procesos principalmente denudativos. Generalmente en esta zona se aprecia cobertura vegetal; por lo que, son utilizados en actividades agrícolas y ganaderas, casualmente estas geoformas muestran una cobertura de material aluvial y fluvio-aluvial.



Figura 19. Superficie suave correspondiente a una planicie. Coordenadas UTM N: 9216826 E: 769797.

3.7.2. Lomadas

Son superficies con pequeñas elevaciones, caracterizadas por presentar rangos de pendientes de 8° a 20° y una morfología heterogénea. Al igual que las planicies, presentan cobertura vegetal; sin embargo, su uso agrícola y ganadero es relativamente menor que las planicies.



Figura 20. Lomadas con pendiente aproximada de 18° . Coordenadas UTM N: 9216275 E: 769777.

3.7.3. Laderas

Son superficies con inclinaciones moderadas, caracterizadas por presentar rangos de pendientes de 20° a 50° debido principalmente a procesos denudacionales. Presentan una morfología heterogénea con escasa cobertura vegetal.



Figura 21. Laderas con pendiente aproximada de 30°. Ubicadas en el centro poblado de Manzanitas Alto. En N: 9218115; E: 768875.

3.8. HIDROLOGÍA

Los principales ríos y quebradas que atraviesan la zona de estudio son:

3.8.1. El Río Quilish

Este río pertenece a la Subcuenta El Cajamarquino, recorre con una dirección NW-SE a través de la zona de investigación y hacia el sur de la zona de estudio se une con el río Porcón. Mas al Oeste se encuentra el río Chilincaga con una dirección casi Norte- Sur (Anexos, plano 07).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA.

En el área de estudio afloran rocas volcánicas en un porcentaje de 95% el 5% lo constituyen los depósitos cuaternarios que se han formado como consecuencia de la alteración de las rocas volcánicas tobáceas. Estas rocas se caracterizan por estar constituidas por tobas traquíticas, riolíticas, dacíticas y andesíticas. En varios lugares estas rocas volcánicas muestran una gran meteorización lo que generan diferentes movimientos en masa (MM) (Reyes L.,1980).



Figura 22. % de afloramientos rocosos analizados en el área de estudio. siendo los depósitos cuaternarios en un 5%. (Ver plano N° 06)

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA (MM)

Se han identificado diez (10) MM el gran porcentaje se producen en rocas volcánicas tobáceas. A continuación, se detallan estos MM encontrados en los diferentes puntos de estudio de la Zona (Ver Plano N°05)

Tabla 13. La tabla contiene los 10 movimientos de masa (MM) encontrados en la zona de investigación, con sus áreas respectivas de influencias y su ubicación en coordenadas.

Numero	Movimiento de Masa (MM)	Código	Área (Km2)	Coordenadas UTM	
				Norte	Este
1	Deslizamiento	RM- 01	0.34	9217293	769415
2	Deslizamiento	RM- 02	0.35	9217197	769187
3	Deslizamiento	RM- 03	0.33	9217750	769092
4	Deslizamiento	RM- 04	0.34	9216748	769418
5	Deslizamiento	RM- 05	0.34	9216333	769436
6	Caída de rocas	RM- 06	0.17	9218115	768875
7	Caída de rocas	RM- 07	0.19	9218322	769486
8	Caída de rocas	RM- 08	0.18	9216491	769940
9	Flujo de detritos	RM- 09	0,16	9216826	769797
10	Flujo de detritos	RM- 10	0,14	9217113	769754
Total			2.55		

4.2.1. Porcentaje de los movimientos de masa

En el área de estudio predominan los deslizamientos que representan un 50%, seguido de caídas de rocas en un 30% y finalmente los flujos de detritos representando un 20%.

Tabla 14. Se muestra la cantidad, el porcentaje de MM y el área de influencia de cada MM.

Movimiento de masa (MM)	Cantidad	Porcentaje (%)	Km2
Deslizamiento	5	50	1,70
Caída de rocas	3	30	0,55
Flujo de detritos	2	20	0,30
Total	10	100	2.55

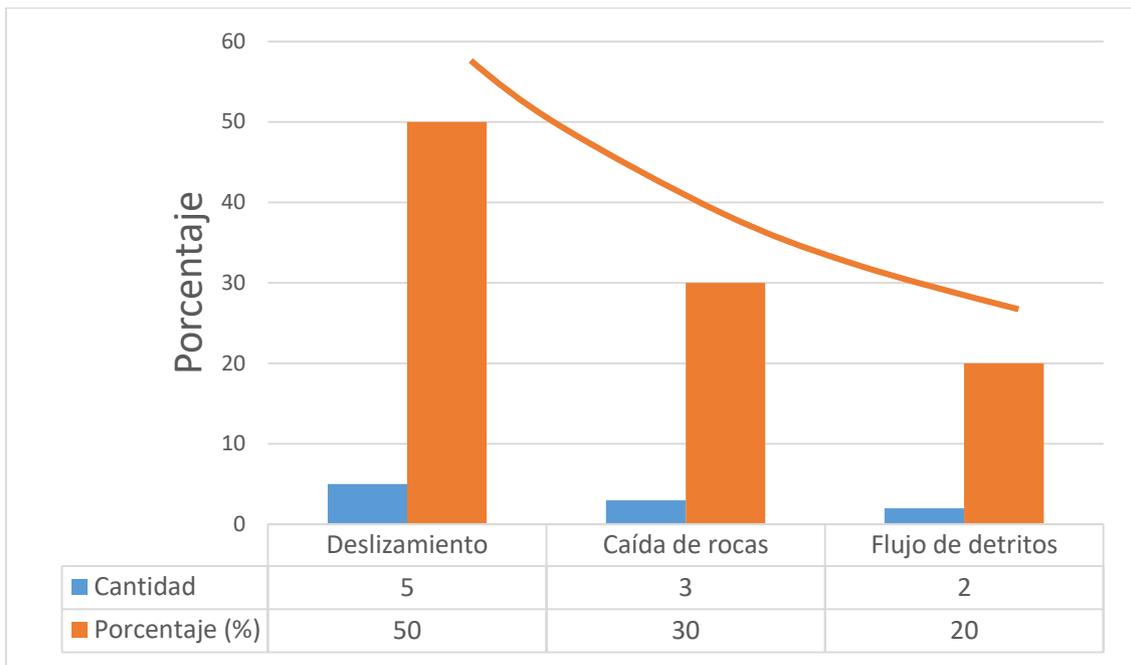


Figura 23. Los MM predominantes en la zona de estudio son los deslizamientos

4.2.2. Descripción de los movimientos de masa

4.2.2.1. Deslizamiento RM- 01.

Este deslizamiento se encuentra ubicado cerca al caserío de la Ramada. Se produce por la alta meteorización de las rocas volcánicas pertenecientes a la Formación San Pablo. Posee una pendiente promedio de 30°. Sobre las rocas volcánicas se ha formado una delgada capa de suelo cuaternario y que sirve para el sembrado de las plantas por parte de los pobladores. La cobertura vegetal es alóctona, constituida por plantaciones de eucaliptos y sembrado de pastos que son destinados para la alimentación del ganado vacuno principalmente. Esta actividad genera un sobre pastoreo debilitando los suelos y aumentando la filtración de las aguas de lluvia generando de esta manera la alteración meteórica de las rocas. Se ha medido su área de influencia de este deslizamiento determinándose 0.65 km².



Figura 24. Deslizamiento RM-01. Se observa escarpa de falla, es un talud inestable, el deslizamiento presenta una matriz arcillosa con clastos de roca blanda en el centro poblado La Ramada. Coordenadas UTM. N: 9217293 E: 769415.

4.2.2.2. Deslizamiento RM- 02.

Este deslizamiento está ubicado dentro de la localidad de la Ramada. La cara del talud, que constituye la zona de arranque, posee una pendiente de 40° de inclinación. Este deslizamiento se produce en suelos generados por la meteorización intensa de las rocas volcánicas. Estos depósitos involucrados están constituidos por limos y arcillas de origen volcánico principalmente.



Figura 25. Deslizamiento RM-02. Se observa una escarpa de deslizamiento. La cara del talud es de 40° aproximadamente. Coordenadas UTM. N: 9217293 E: 769415.

4.2.2.3. caída de rocas RM- 06.

Este movimiento de masa (MM) está ubicado cerca al caserío de la Ramada. La cara del talud posee una inclinación de 30°. Esta caída de rocas está involucrando a fragmentos de rocas volcánicas de naturaleza andesítica principalmente. Los fragmentos son angulosos y poseen un diámetro promedio de 40 a 50 cm en promedio. Al pie del talud se aprecia la roca volcánica fresca y que es una prueba de que la parte superior es la alteración de estas rocas.



Figura 26. Movimiento de masa RM-06. Corresponde a caída de rocas. Se observan los fragmentos redondeados de las tobas traquíticas. En el centro poblado la Ramada. Coordenadas UTM. N: 9216491 E: 769940.

4.2.2.4. Caída de rocas RM- 07.

Este movimiento de masa (MM) está ubicado cerca al caserío de la Ramada. La cara del talud posee una inclinación de 40°. Esta caída de rocas está involucrando a fragmentos de rocas volcánicas de naturaleza andesítica principalmente. Los fragmentos son angulosos y poseen un diámetro promedio de 40 a 50 cm en promedio. Al pie del talud se aprecia la roca volcánica fresca y que es una prueba de que la parte superior es la alteración de estas rocas.



Figura 27. Movimiento de masa RM-07. Corresponde a caída de clastos de rocas. Se observan los fragmentos angulosos de las tobas traquiandesíticas. Coordenadas UTM. N: 9218322 E: 769486 (Ver Ficha N°02)

4.2.2.5. Caída de Rocas RM- 08

Se observa la caída de rocas en el lecho del río Quilish. Los fragmentos son angulosos y de rocas volcánicas tobáceas. La pendiente es de 60° aproximadamente. Al costado izquierdo de la foto se observa material cuaternario producido por la meteorización de las rocas volcánicas.



Figura 28. Caída de rocas RM- 08. Se observan fragmentos de rocas caídos al camino que conduce a la localidad de La Ramada. Coordenadas UTM N: 9218325 E: 769494



Figura 29. Caída de rocas RM- 08. Se observan fragmentos de rocas caídos al lecho del río Quilish. Los fragmentos son angulosos de rocas volcánicas tobáceas. Coordenadas UTM. N: 9217293 E: 769415.

4.2.2.6. Flujo de detritos RM- 09.

Este movimiento de masa (MM) está ubicado cerca al caserío de la Ramada. La cara del talud posee una inclinación de 50° . Este flujo de detritos está constituido por detritos de rocas volcánicas de composición andesítica principalmente. Los fragmentos son angulosos y poseen un diámetro promedio de 10 cm.

4.2.2.6.1 Medición del bloque inestable

en la foto se aprecia un bloque de roca volcánica afectado por un fracturamiento con buzamiento a favor de la pendiente lo que constituye un gran peligro de caída. Se ha medido las dimensiones del bloque



Figura 30. Movimiento de masa RM-09. Corresponde a Flujo de detritos. Se observan los fragmentos angulosos de rocas volcánicas. Coordenadas UTM. N: 9216491 E: 769486.

Se ha medido las dimensiones del bloque inestable que está presente dentro del RM- 09. Estas son las siguientes:

Largo: 3 m

Ancho: 2 m

Altura 1 m

Cálculo del volumen (V):

$$V=3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}= 6 \text{ m}^3$$

$$V=6 \text{ m}^3$$

Cálculo de tonelaje (TM)

PE= Peso específico de la roca volcánica (PE)

TM= volumen x peso específico de la roca volcánica

TM= 6 m³ x peso específico de la roca volcánica andesítica

El peso específico es obtenido de la tabla: 2.65TM/m³

TM= 6 m³ X 2.65 TM/ m³= 15.9 TM

Por lo que se puede deducir que el bloque inestable posee un peso de 16 TM y constituye un peligro latente y cuyo desprendimiento podría generar accidentes fatales.

Tabla 15. Peso específico de las rocas y minerales más comunes

Tipo de roca	Intervalos de Densidad (TM/ m³)
Dolomita	2.8 - 2.9
Basalto	2.8 - 3.0
Carbón	1.1 -1.4
Diabasa	2.6 - 3.0
Diorita	2.8 - 3.0
Gabro	2.7 - 3.3
Andesita	2.5 - 2.8
Gneis	2.6 - 2.9
Granito	2.6 - 2.7
Yeso	2.3 - 2.8
Caliza	2.3 - 2.7
Mármol	2.4 - 2.7
Cuarcita	2.6 - 2.8
Riolita	2.4 - 2.6
Arenisca	2.2 - 2.8
Pizarra	2.4 - 2.8

Fuente: Densidad de rocas y minerales comunes (Mahnazmezon, 2021).
<https://ingeoexpert.com/2018/01/05/rocas-volcanicas>

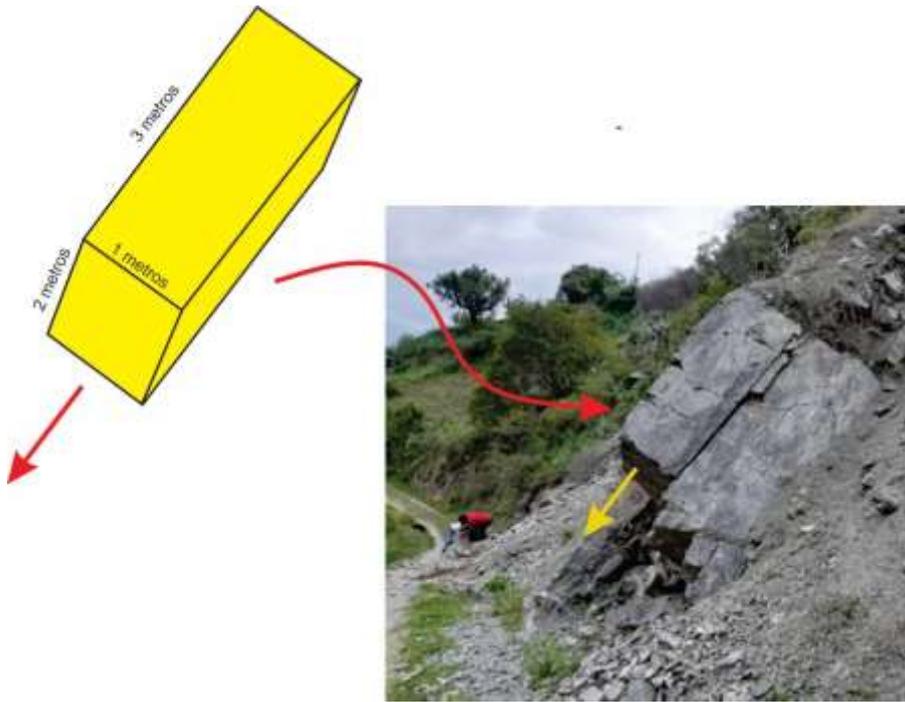


Figura 31. Dimensionamiento del bloque inestable. Coordenadas UTM. N: 9216491 E: 769486

Se aprecia el deslizamiento producido en depósitos cuaternarios generados por la meteorización de las rocas volcánicas tobáceas. El talud presenta su cara con una inclinación de un talud de 30° de inclinación. Se puede observar un deslizamiento reciente en la parte inferior de la foto. La cobertura vegetal es alóctona constituida por plantaciones de eucaliptos y pastos para la alimentación del ganado.

4.2.2.8. Flujo de detritos RM- 10

Se observa un movimiento de masa correspondiente a flujo de detritos constituido por fragmentos pequeños de rocas intercalado con una matriz arcillosa y arenosa.

Este MM posee una cara de talud con pendiente de 40° . Se observan las raíces de las plantas.

4.3. Método Empírico o Heurístico

4.3.1 Unidades litológicas (UL)

Las unidades litológicas presentes en el área de estudio son las rocas volcánicas de la Formación San Pablo. Litológicamente están compuestas por tobas riolíticas, traquíticas y andesíticas en menor proporción. Los depósitos cuaternarios que se encuentran es producto de la erosión de estas rocas volcánicas constituyendo suelos.

3.3.1.1. Ponderación de las unidades litológicas

Mayor frecuencia: 7

Menor frecuencia: 1

Mayor frecuencia - menor frecuencia: $7 - 1 = 6$

Los números de las ponderaciones va del 1 al 5 por lo que el total es 5. Por lo que se divide:

$6/5=1.2$, este valor se va sumando sucesivamente como se explica a continuación.

Entonces:

$$1.0 + 1.2 = 2.2$$

$$2.2 + 1.2 = 3.4$$

$$3.4 + 1.2 = 4.6$$

$$4.6 + 1.2 = 5.8$$

$$5.8 + 1.2 = 7.0$$

Entonces los intervalos generados son:

$$(1.00 - 2.2) = 1$$

$$(2.21 - 3.4) = 2$$

$$(3.41 - 4.6) = 3$$

$$(4.61 - 5.8) = 4$$

$$(5.81 - 7.0) = 5$$

Tabla 16. Ponderación de las unidades litológicas

Unidades litológicas	Nº Ocurrencia	Ponderación
Volcánicos retrabajados	2	1
Tobas volcánicas	7	5
Cobertura cuaternaria	1	1
Total	10	

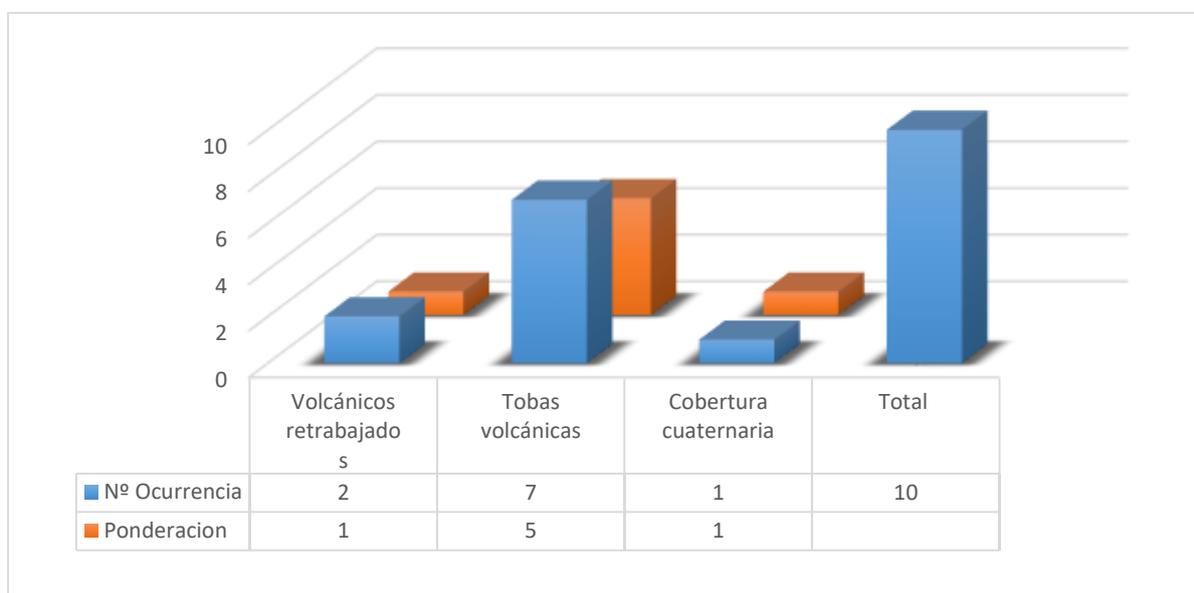


Figura 32. Ponderación de las unidades litológicas

4.3.2. Unidades geomorfológicas (UG)

Los movimientos de masa (MM) identificados se encuentran mayormente en laderas (08), colinas (01), planicies (01). Estos MM se producen por la intensa erosión que sufren las rocas volcánicas.

4.3.2.1. Ponderación de las unidades geomorfológicas

Mayor frecuencia: 8

Menor frecuencia: 1

Mayor frecuencia- menor frecuencia: $8 - 1 = 7$

Los números de las ponderaciones va del 1 al 5 por lo que el total es 5. Por lo que se divide:

$7/5=1.4$, este valor se va sumando sucesivamente como se explica a continuación.

Entonces:

$$1.0 + 1.4 = 2.4$$

$$2.4 + 1.4 = 3.8$$

$$3.8 + 1.4 = 5.2$$

$$5.2 + 1.4 = 6.6$$

$$6.6 + 1.4 = 8.0$$

Entonces los intervalos generados son:

$$(1.00 - 2.4) = 1$$

$$(2.41 - 3.8) = 2$$

$$(3.81 - 5.2) = 3$$

$$(5.21 - 6.6) = 4$$

$$(6.61 - 8.0) = 5$$

Tabla 17. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades geomorfológicas

Unidades geomorfológicas	Nº Ocurrencia	Ponderación
Laderas	8	5
Colinas	1	1
Planicie	1	1
Total	10	

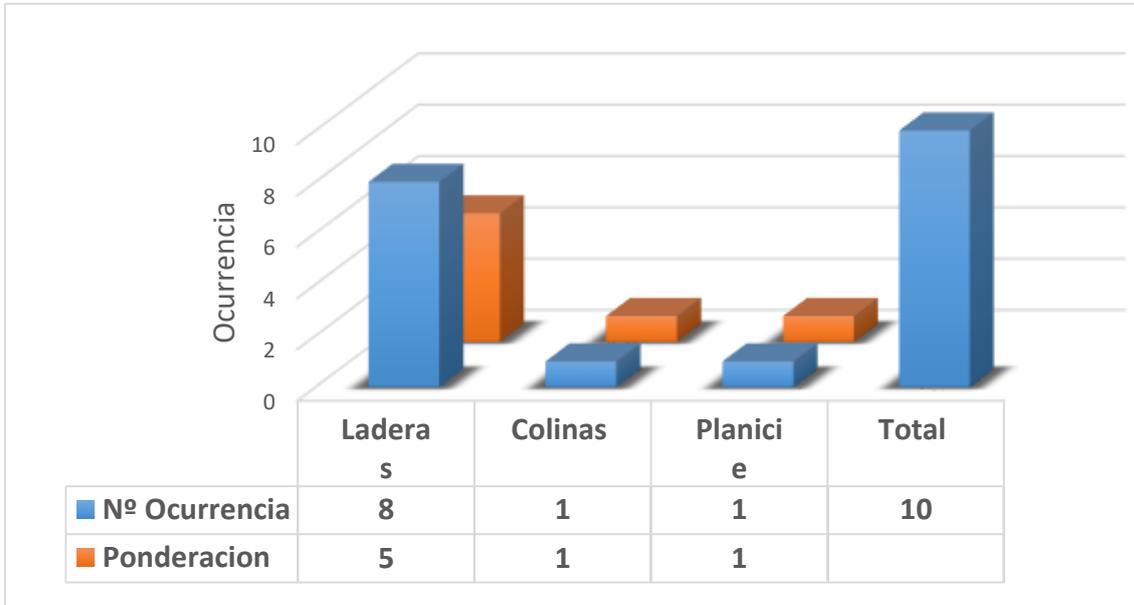


Figura 33. Ponderación de las unidades geomorfológicas.

4.3.3. Unidades hidrogeológicas (UH)

Los movimientos de masa identificados están mayormente en rocas volcánicas tobáceas que se comportan como acuíferos: Acuíferos alterados (08), acuíferos fisurado (01), acuífero inconsolidado (01).

4.3.3.1. Ponderación de las unidades hidrogeológicas

Mayor frecuencia: 8

Menor frecuencia: 1

Mayor frecuencia - menor frecuencia: $8 - 1 = 7$

Los números de las ponderaciones va del 1 al 5 por lo que el total es 5. Por lo que se divide:

$7/5=1.4$, este valor se va sumando sucesivamente como se explica a continuación.

Entonces:

$1.0 + 1.4 = 2.4$

$$2.4 + 1.4 = 3.8$$

$$3.8 + 1.4 = 5.2$$

$$5.2 + 1.4 = 6.6$$

$$6.6 + 1.4 = 8.0$$

Entonces los intervalos generados son:

$$(1.00 - 2.4) = 1$$

$$(2.41 - 3.8) = 2$$

$$(3.81 - 5.2) = 3$$

$$(5.21 - 6.6) = 4$$

$$(6.61 - 8.0) = 5$$

Tabla 18. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades hidrogeológicas

Unidades hidrogeológicas	Nº Ocurrencia	Ponderación
Acuífero alterado	8	5
Acuífero fisurado	1	1
Acuífero inconsolidado	1	1
Total	10	

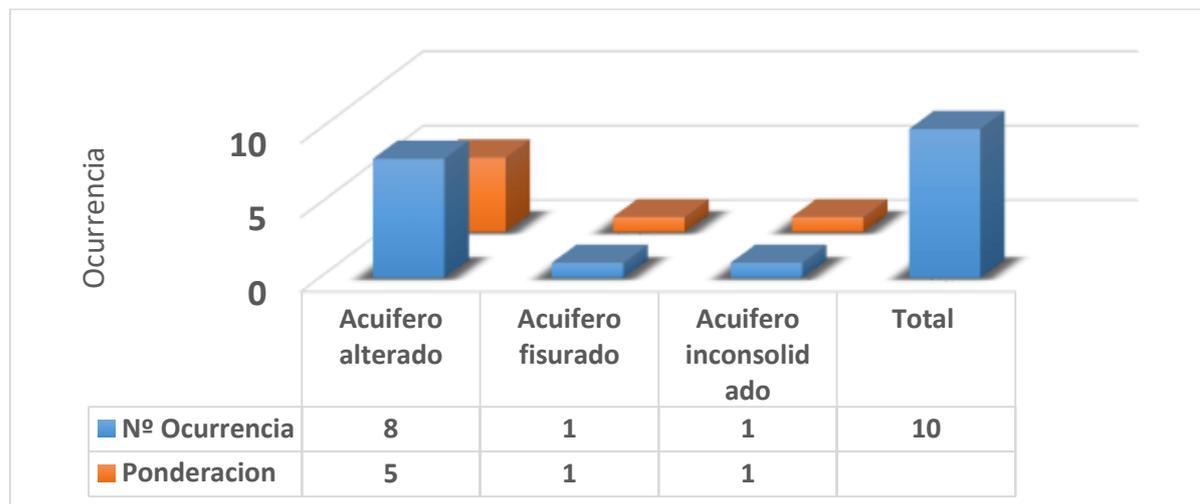


Figura 34. Ponderación de las unidades hidrogeológicas

4.3.4. Unidades de Cobertura Vegetal (UCV)

Los movimientos de masa se producen en zonas con cobertura vegetal alóctona (06); pobre cobertura vegetal (03) y zona urbana (01). Se puede observar la siembra de eucaliptos y de pastos alóctonos para el ganado. Los eucaliptos poseen raíces largas por lo que debilitan las rocas volcánicas generando infiltración de las aguas de lluvia por consiguiente producen una intensa meteorización.

4.3.4.1. Ponderación de las unidades de cobertura vegetal

Mayor frecuencia: 6

Menor frecuencia: 1

Mayor frecuencia - menor frecuencia: $6 - 1 = 5$

Los números de las ponderaciones va del 1 al 5 por lo que el total es 5. Por lo que se divide:

$5/5=1$ este valor se va sumando sucesivamente como se explica a continuación.

Entonces:

$$1.0 + 1.0 = 2$$

$$2.0 + 1.0 = 3$$

$$3.0 + 1.0 = 4$$

$$4.0 + 1.0 = 5$$

$$5.0 + 1.0 = 6$$

Entonces los intervalos generados son:

$$(1.00 - 2.0) = 1$$

$$(2.01 - 3.0) = 2$$

$$(3.01 - 4.0) = 3$$

$$(4.01 - 5.0) = 4$$

$$(5.01 - 6.0) = 5$$

Tabla 19. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades de cobertura vegetal

Unidades de cobertura vegetal	Nº Ocurrencia	Ponderación
Cobertura vegetal alóctona	6	5
Pobre cobertura vegetal	3	2
Zona urbana	1	1
Total	10	

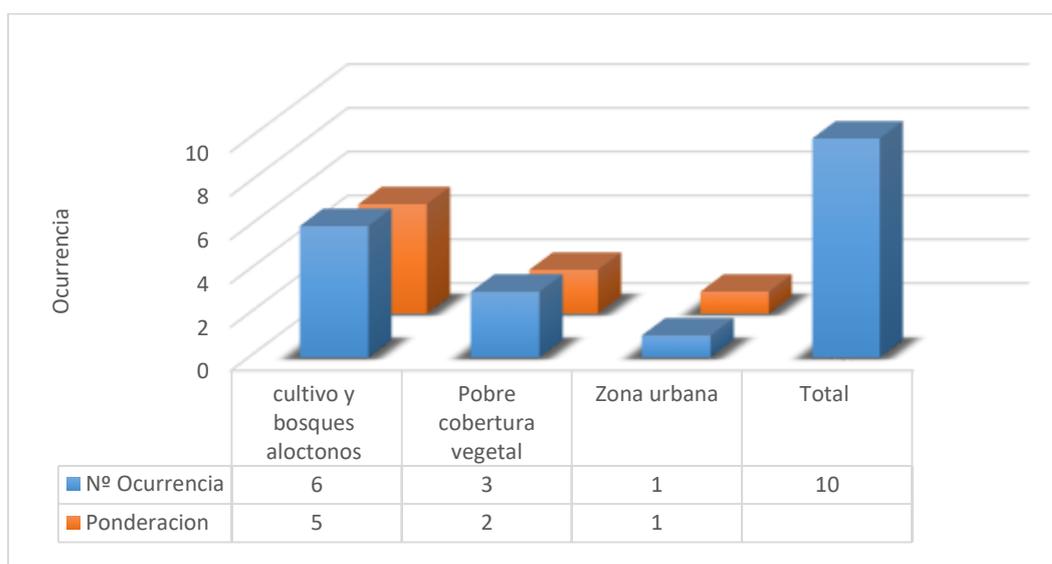


Figura 35. Ponderación de las unidades de cobertura vegetal

4.3.5. Unidades de pendientes (UP)

Los movimientos de masa se ubican mayormente en altas pendientes mayores a 30°. Estas inclinaciones fueron producidas por la erosión vertical del río Quilish ancestral. Su baja dureza y baja cohesión de las rocas volcánicas tobáceas han facilitado la erosión vertical.

4.3.5.1. Ponderación de las unidades de pendientes

Mayor frecuencia: 5

Menor frecuencia: 1

Mayor frecuencia - menor frecuencia: $5 - 1 = 4$

Los números de las ponderaciones va del 1 al 5 por lo que el total es 5. Por lo que se divide:

$4/5=0.8$ este valor se va sumando sucesivamente como se explica a continuación.

Entonces:

$$1.00 + 0.8 = 1.80$$

$$1.80 + 0.8 = 2.60$$

$$2.60 + 0.8 = 3.40$$

$$3.40 + 0.8 = 4.20$$

$$4.20 + 0.8 = 5.00$$

Entonces los intervalos generados son:

$$(1.00 - 1.80) = 1$$

$$(1.81 - 2.60) = 2$$

$$(2.61 - 3.40) = 3$$

$$(3.41 - 4.20) = 4$$

$$(4.20 - 5.00) = 5$$

Tabla 20. Numero de ocurrencia y ponderación de unidades de cobertura vegetal

Unidades de pendientes	Nº Ocurrencia	Ponderación
Menor a 6°	1	1
6° a 15°	1	1
15° a 45°	3	2
Mayor a 45°	5	5
Total	10	

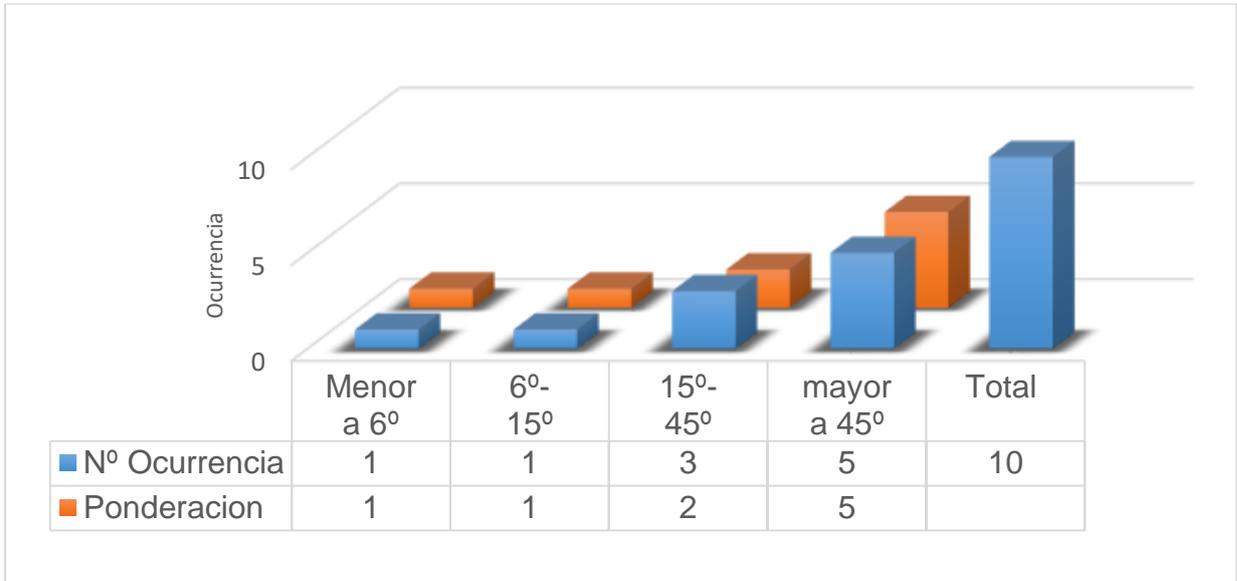


Figura 36. Ponderación de las unidades de pendientes.

4.3.6. Factores condicionantes de la Inestabilidad (FCI)

La determinación de los factores condicionantes de la inestabilidad se realiza utilizando una matriz de doble entrada. En esta matriz se ordenan los factores geológicos de acuerdo a la importancia observada en campo. Dentro de nuestro análisis se determinaron que los factores según su importancia son:

Litología con una valoración de 9

Pendiente con una valoración de 7

Cobertura vegetal con una valoración de 5

Geomorfología con una valoración de 3

Hidrogeología con una valoración de 3

La tabla muestra que el factor litológico es el más importante con un 33%, seguido por la pendiente con un 26%, cobertura vegetal 19% y de menor importancia la geomorfología e hidrogeología con 11% respectivamente.

Tabla 21. Cálculo de los factores geológicos condicionantes de la inestabilidad (FCI)

Factores condicionantes de Inestabilidad (FCI) n=5	1) Litología (9)	2) Pendiente (7)	3) Hidrogeológico (5)	4) Cobertura vegetal (3)	5) Geomorfología (3)	$\Sigma(1,2,3,4,5)$	$a = \Sigma(1,2,3,4,5)/n$	$(\Sigma(1,2,3,4,5)/n)/\Sigma a$	Porcentaje %
Litología (9)	1,00	1,29	1,8	3,0	3,0	10,09	2,02	0,33	33,0
Pendiente (7)	0,78	1,00	1,4	2,33	2,33	7,84	1,57	0,26	26,0
Hidrogeología (5)	0,56	0,71	1,00	1,67	1,67	5,61	1,13	0,19	19,0
Cobertura vegetal (3)	0,33	0,43	0,6	1,00	1,00	3,36	0,67	0,11	11,0
Geomorfología (3)	0,33	0,43	0,6	1,00	1,00	3,36	0,67	0,13	11,0
Total	3,00	3,86	5,40	9,00	9,00	29,75	6,06	1,00	100

4.3.7. Coeficiente de Consistencia (CC)

Para calcular el coeficiente de consistencia se aplica las siguientes formulas:

$$CC = \frac{IC}{IA} \qquad IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

Siendo:

CC: Coeficiente de consistencia

IC: Índice de consistencia.

IA: Índice aleatorio.

Egivmax= Egeinventor máximo o principal = 0.33 que viene a ser el máximo valor de FCI

n= 5

Entonces IA = 1.12 (ver tabla)

Reemplazando valores:

IC = E givmax / n – 1; IC=0.33/5-1=0.068

IC= 0.068

Reemplazando:

CC = IC/IA=0.068/1.12

CC= 0.083, este valor es menor que 0.1 por lo tanto los datos analizados poseen consistencia.

4.3.8. Contrastación de la hipótesis

Los peligros geológicos que se producen en la zona de la Ramada – Manzanas Alto, se dan por los factores: litológico, de pendiente e hidrogeológico, que al ser combinados pueden acarrear consecuencias desastrosas en pérdidas humanas, económicas o de transitabilidad, las cuales dificultan el debido proceso de desarrollo de las comunas locales y aledañas.

Existe un mayor predominio de rocas volcánicas, estando presentes en un 95% y en menor proporción depósitos cuaternarios 5%. Estos depósitos se generaron como consecuencia de la meteorización intensa de las rocas. Estas rocas se depositaron por la actividad volcánica del Cenozoico. Se ha comprobado en campo y mediante el análisis de matriz de doble entrada que los Factores condicionantes de la inestabilidad (FCI) son: el litológico, la pendiente e hidrogeológico. Por lo que la hipótesis planteada inicialmente esta contrastada positivamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las zonas más susceptibles a los peligros geológicos son aquellas que se ubican a la margen izquierda del Río Quilish aguas arriba. Las viviendas ubicadas en pendientes < a 40° en promedio son lugares susceptibles a los movimientos de masas (MM).

Se han identificado 10 peligros Geológicos en los centros poblados de La Ramada y Manzanas Alto, siendo 5 deslizamientos, 3 caídas de rocas y 2 flujos de detritos. Predominando deslizamientos.

La matriz de doble entrada se determinó describir que los factores condicionantes a la inestabilidad (FCI) son: el litológico en un 33%, seguida de la pendiente en un 26% e hidrogeológico en un 19%

Se determinó el coeficiente de consistencia (CC) siendo este valor de 0.083 y es menor a 0.1 lo que indica que los resultados obtenidos poseen consistencia.

De acuerdo al estudio, afloran rocas volcánicas en mayor porcentaje y en menor proporción depósitos cuaternarios. Las rocas volcánicas están siendo atacadas fuertemente por la geodinámica externa, siendo los factores detonantes las lluvias intensas y el Antropomorfismo.

5.2. RECOMENDACIONES

El estudio realizado y posteriores aportes se debe realizar en temporada de lluvia, de no hacerlo, el factor hidrogeológico disminuiría su influencia al momento de realizar el análisis de peligros geológicos.

A las autoridades de La Ramada y Manzanas Alto, capacitarse en temas relacionados y así mejorar la supervisión de los trabajos de apertura de caminos vecinales de acuerdo a la normativa que exige el ministerio de transportes y comunicaciones en coordinación con la municipalidad provincial y el gobierno regional, y así poder evitar abandono o mala ejecución de las obras, siendo estos factores desencadenantes para un aumento en los peligros geológicos como deslizamientos, desprendimientos de rocas o inestabilidad de taludes, para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, F et al. 1987. Los riesgos geológicos: guía didáctica. Madrid, ITGME.
- Barredo, J.1996. Sistema de Información Geográfica y evaluación multicriterio. Editorial RA-MA. Madrid, España.
- Campos, L. 2011. Ocurrencia de aluviones en la subcuenca del Rio Shullcas durante el cuaternario y su relación con los retrocesos de los glaciares de la cordillera Huayta allana, Región Junín. Perú.
- Cascini, et al. 2005. Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. State of the Report (SOA7).
- Castellanos, A. & Carrillo. 2003. Los desastres y fundamentos de la protección contra los mismos. En gerencia de desastres en Cuba.
- Cornforth, H. 2005. Landslides In Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/ Preventative Options in Soils, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- COSUDE – CARE. 2008. Gestión de Riesgos de Deslizamiento del Ronquillo, Urubamba y Corisorgona-Levantamiento Geofísico de Georadar”.
- Cruden, D.M. 1991. A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
- Crozier, M. 1999. Prediction of rainfall-triggering landslides: a test of the antecedent water status model. Earth surface processes and landforms.
- Fidel, L. 2007. Deslizamiento traslacional - Flujo de detritos de Mayunmarca. Lima. Perú.
- García, A., 1966, Contribución para la clasificación de los movimientos de terreno: Revista de Obras Públicas.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002), Ingeniería Geológica. PEARSON. Madrid. España.
- Guzmán, M. 2007. Deslizamiento rotacional de San Isidro en la Ciudad de la Paz. Bolivia

- Hernández, S. 2022. Evaluación de los peligros geológicos y elaboración del mapa de susceptibilidad en la zona de Huambocancha Baja. Cajamarca. Tesis para obtener el título de Ingeniero geólogo. 1unc- Perú.
- Hervas, J. 2002. Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG, Teledetección y Métodos de Evaluación Multicriterio. Aplicación a la Depresión de Tirajana (Gran Canaria). pág. 169- 180.
- Hoek, E. & Bray, W. 1981. Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy. London.
- Huaripata, M. 2013. Tesis profesional: "Modelo Geodinámico de la quebrada Cruz Blanca, microcuenca Cruz Blanca – Los Chilcos.
- IGACC, 2005. Geomorfología aplicada a levantamiento edafológico y zonificación física de tierras. Bogotá- Colombia.
- INDECI. 2011. Análisis de susceptibilidad ante peligros por Movimientos de Masa en Laderas. Manual de Estimación de Riesgos ante Movimientos en Masa en Laderas.
- INGEOMINAS. 2001. Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia, escala 1:1.500.000". Bogotá
- Lagos, A., et al 2006, Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, distrito de Cajamarca. Boletín del XIII Congreso Peruano de Geología. Publicación Especial N° 7. Lima- Perú.
- Luis, E. 2007. Caída de bloques en el litoral de Huicha de Chiloé. Chile. SENAGEOMIN.
- Luque, G. 2011. Peligros Geológicos y zonas críticas en el Perú". Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET – PERÚ.
- Luzi, L. 1995. GIS for slope stability zonation in the Fabriano area, Central Italy. Unpublished MSc. Thesis, ITC Enschede the Netherlands.
- MAHNAZMEZON (2021). Densidad de rocas y minerales comunes

- Martínez, A. 1972. Análisis de Estabilidad de Taludes. Laboratorio de Geología y Geomorfología Aplicada. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Moreno, J. 2007. Deslizamiento de El Mirador, km 105 Carretera Bogotá-Villavicencio. Colombia.
- Morgenstern, N. 1997. Toward landslide risk assessment in practice. Proceeding of the international Workshop on landslide risk assessment. Honolulu, Hawaii.
- Montrasio, L et al. 2011. Towards a real-time susceptibility assessment of rainfall-induced shallow landslides on a regional scale.
- Núñez, S; Medina, L 2008. Riesgos geológicos en la región Ucayali. INGEMMET, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, N°37.
- Ochoa, M. y Lagos, A. 2008. Susceptibilidad a los Movimientos en Masa en la Cuenca de Rio Rímac. Sector Ticlio- Matucana. Lima- Perú. XIII Congreso Latinoamericano y XII Congreso Peruano de Geología.
- Parkhurst, S. 2000. Risk assessment and quantification of slope conditions based upon site inspection surveys. 8th International Symposium on Landslides Cardiff.
- Pérez, A. 2014. Evaluación de los Riesgos y peligros Geológicos de la Quebrada Puyllucana, Baños del Inca- Cajamarca. Tesis para obtener el Título de ingeniero Geólogo. EAP de Ingeniería Geológica. Perú.
- Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín 31. INGEMMET.
- Reyes, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (hojas 15-f, 15-g, 16-g). Edited por el INGEMMET.
- Salcedo, A. 2007. Deslizamiento de la ladera sur del Viaducto N°1, autopista Caracas la Guaira. Venezuela.
- Shuk, T. 1990. La Evolución y el Estado Actual de la Metodología Basada en Taludes Naturales para Análisis de Estabilidad en Masas de Materiales Geológicos – Parte I. SVMSIF, Caracas.

- Smith, J. 2001. Spending on safety nets for the poor: how much, for how many?
The case of Malawi, African Region Working Paper Series.
- Soeters, R & Van Westen, J. 1996. "Slope Instability Recognition, Analysis and
Zonation. In: Turner, A.K. and Schuster, R.L. Transportation Board,
National
- Suárez, J. 1998. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas Tropicales.
Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Colombia
- UNESCO, 2000. Disaster Reduction. Environmental and Development BRIEFS.
- Valderrama, P., Fidel, L., Reginald, H., Grosse, J. 2008. Geodinámica del
Nevado Huascarán, nuevos alcances sobre "el evento Matacoto."
Sociedad Geológica del Perú.
- Varnes, J. 1978. Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis
and Control, Special Report N°176. Washington.
- Villacorta, S.; Vásquez, J.; Núñez, S. 2011. Inventario de Peligros Geológicos en
la Cuenca del Río Chillón, Lima – Perú.
- Zeze, J. 2002. Landslide susceptibility assessment considering landslide
typology. A case study in the area north of Lisbon. Natural Hazards and
Earth System Sciences.
- [https://es.mahnazmezon.com/articles/science/densities-of-common-ocks.](https://es.mahnazmezon.com/articles/science/densities-of-common-ocks)

ANEXOS

1. álbum de fotos tomados en campo.

- 1.1. Foto 1. Caída de rocas.
- 1.2. Foto 2. Reunión de los pobladores del caserío de la Ramada.
- 1.3. Foto 3. Caída de árbol por deslizamiento
- 1.4. Foto 4. Alteración intensa de las rocas volcánicas
- 1.5. Foto 5. Flujo de detritos afectando el camino
- 1.6. Foto 6. Rocas volcánicas meteorizadas
- 1.7. Foto 7. Caída de rocas interrumpiendo el tránsito
- 1.8. Foto 8. Grietas o fisuras que se generan por el inicio del MM
- 1.9 Foto 9. Corresponde a Flujo de detritos en rocas volcánicas.
- 1.10 Foto 10. Medición del desplazamiento de terreno por deslizamiento.
- 1.11 Foto 11. Deslizamiento que ha interrumpido el tránsito por la carretera.
- 1.12 Foto 12. Midiendo las dimensiones del MM.

2. Planos

- 2.1. Plano de ubicación e imagen satelital.
- 2.2. Plano de Zonificación.
- 2.3. Plano modelo digital de elevación (MDE).
- 2.4. Plano Geomorfológicas.
- 2.5. Plano de zonas de peligros.
- 2.6. Plano geológico.
- 2.7 Plano de Drenaje

Foto 1. Caída de rocas



Coordenadas UTM: N: 9218115 E: 768875

Foto 2. Reunión de los pobladores del caserío de la Ramada para limpieza del camino y cunetas que es afectado constantemente por los MM.



Foto 3. Caída de árbol por deslizamiento



Coordenadas UTM: N: 9217197 E: 769187

Foto 4. Alteración intensa de las rocas volcánicas



Coordenadas UTM: N: 9216826 E: 769797

Foto 5. Flujo de detritos afectando el camino que conduce a la localidad de la Ramada y Manzana Alto.



Coordenadas UTM: N: 9217113 E: 769754

Foto 6. Las rocas volcánicas han sido meteorizadas intensamente, generándose un deslizamiento.



Coordenadas UTM: N: 9217750 E: 769092

Foto 7. Caída de rocas interrumpiendo el tránsito.



Coordenadas UTM: N: 9216491 E: 769940

Foto 8. Grietas o fisuras que se generan por el inicio del MM ubicados en la corona del deslizamiento.



Coordenadas UTM: N: 9217293 E: 769415

Foto 9



RM-10. Corresponde a Flujo de detritos en rocas volcánicas. Se observa la escarpa de falla con dirección de la flecha roja por gravedad. Coordenadas UTM. N: 9216837 E: 769789.

Foto 10



Medición del desplazamiento de terreno por deslizamiento en depósito. Coordenadas UTM. N: 9217750 E: 769092

Foto 11



Figura 37. Deslizamiento reciente que ha interrumpido el tránsito por la carretera. La geodinámica externa actúa intensamente en la zona de estudio. Se aprecia además la intensa cobertura vegetal. Coordenadas UTM. N: 9215791 E: 769854

Foto 12



Figura 38. Midiendo las dimensiones del MM para determinar su área de influencia. El talud posee una inclinación de 50° . Nótese la intensa cobertura vegetal alóctona. Coordenadas UTM. N: 9217293 E: 769415.