

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL
CENTRO POBLADO SAN SEBASTIÁN DE CHOROPAMPA - MAGDALENA.**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Bolaños Lozano Orlando

Asesor:

Dr. Ing. Lagos Manrique Alejandro Claudio

Cajamarca – Perú

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador** : ORLANDO BOLAÑOS LOZANO
DNI : 72252251
Escuela Profesional : INGENIERÍA GEOLÓGICA
- Asesor** : ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE
Facultad : INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CENTRO POBLADO SAN SEBASTIÁN DE CHOROPAMPA – MAGDALENA.
- Fecha de evaluación:** 25 DE SETIEMBRE DE 2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 12%
- Código Documento:** oid:3117:385156659
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 30 setiembre 2024

 <p>Ing. Alejandro C. Lagos Manrique FIRMA DEL ASESOR Alejandro Claudio Lagos Manrique DNI: 09224934</p>	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 30/09/2024 20:39:12-0500</p> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
--	--

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado fortaleza y aliento para finalizar con éxito mi formación profesional.

A mi Alma Mater Universidad Nacional de Cajamarca y la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por haberme acogido y formado como profesional.

A cada uno de los docentes por sus enseñanzas compartidas, por su apoyo y amistad, en especial al Dr. Alejandro Lagos Manrique por su acompañamiento y su guía para desarrollar y culminar esta tesis.

A mis padres y hermanos por brindarme su apoyo para alcanzar este logro y en todo lo demás que realizo.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia.

A mis hermanos por estar conmigo siempre en los buenos y malos momentos.

A mi colega y compañera, Diana, por su apoyo y soporte incondicional.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FOTOS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRAC	xii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.	3
2.1.1. A nivel internacional	3
2.1.2. A nivel nacional	4
2.1.3. A nivel local	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. Movimiento en masa	5
2.2.2. Tipos de movimiento en masa	5
2.2.2.1. Caída (Fall)	6
2.2.2.2. Vuelco por flexión	7
2.2.2.3. Deslizamiento (Slide)	8
a. Tipos de Deslizamientos	8
b. Impacto de los deslizamientos	11
c. Pérdidas económicas debidas a los deslizamientos	11
d. Elementos del deslizamiento	11
e. Dimensiones de un deslizamiento	12
f. Evidencias de deslizamientos	12
2.2.2.4. Flujo (Flow)	14
2.2.2.5. Reptación	16
2.2.3. Geomorfología	17
2.2.4. Laderas y Taludes	18
2.2.5. Precipitación	19

	Pág.
2.2.6. Peligrosidad.....	20
2.2.7. Vulnerabilidad.....	20
2.2.8. Susceptibilidad.....	20
2.2.8.1. Zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por Movimientos en Masa	21
2.2.8.2. Preparación de Mapas de Susceptibilidad.....	21
2.2.8.3. Factores de amenaza y factores de riesgo.....	22
2.2.8.4. Medidas y tipos de riesgos	22
2.2.9. Factores que afectan la estabilidad del terreno.....	22
2.2.9.1. Otros factores condicionantes	23
2.2.9.2. Factores desencadenantes.....	23
2.2.9.3. Causas y factores de la inestabilidad:.....	24
2.2.9.4. Parámetros y procesos de inestabilidad.....	25
2.2.10. Litología y granulometría de los depósitos sedimentarios	25
2.2.10.1. Depósitos Coluviales.....	26
2.2.10.2. Depósitos Aluviales.....	26
2.2.11. Método Heurístico o Empírico.....	26
2.2.11.1. Ponderación.....	27
2.2.11.2. Parámetros estadísticos.....	27
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:	27
CAPÍTULO III.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1.1. Geográfica.....	29
3.1.2. Política	29
3.1.3. Accesibilidad.....	29
3.1.4. Clima.....	30
3.2. PROCEDIMIENTOS	31
3.2.1. Metodología de la investigación	31
3.2.1.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación.....	31
3.2.2. Población de estudio	31
3.2.3. Muestra	31
3.2.4. Unidad de Análisis	31
3.2.5. Identificación de variables	31
3.2.6. Técnicas	32
3.2.6.1. Etapa Preliminar de Gabinete.....	32

	Pág.
3.2.6.2. Etapa de Campo	32
3.2.6.3. Etapa de Gabinete.....	32
INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	33
3.3. GEOLOGÍA REGIONAL.....	34
3.4. GEOLOGÍA LOCAL.....	35
3.4.1. Depósitos del Cuaternario.....	35
3.4.1.1. Depósito fluvial (Q-fl).....	37
3.4.1.2. Depósitos coluvio-aluvial (Q-co-al).....	37
CAPÍTULO IV	38
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
4.1. EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	38
4.2. LITOLOGÍA EN QUE SE GENERAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA	46
4.3. FACTORES GEODINÁMICOS QUE GENERAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA....	46
4.3.1. Geodinámica Externa.....	46
4.3.1.1. Acción geológica de los ríos.	46
4.3.1.2. Acción geológica de la gravedad.....	47
4.3.1.3. Acción geológica del Viento, abrasión.....	48
4.3.1.4. Acción geológica de las aguas superficiales, lluvias.....	48
4.3.2. Precipitaciones	49
4.3.3. Pendiente de los taludes.	50
4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.	51
4.4.1. Socavamiento	52
4.4.2. Caída	52
4.4.3. Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)	54
4.4.4. Reptación	56
4.4.5. Flujo detrítico	57
4.5. MAPA DE SUSCEPTIBILIDADES.	59
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	60
4.7. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	61
CAPÍTULO V.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. CONCLUSIONES	62
5.2. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de movimiento en masa.....	6
Tabla 2. Tamaño de deslizamientos por área en proyección horizontal.....	12
Tabla 3. Detalles que indican actividad o inactividad de deslizamientos.	14
Tabla 4. Clasificación de Pendientes.....	19
Tabla 5. Ejemplo de cálculo de ponderación.	27
Tabla 6. Accesibilidad al Centro Poblado San Sebastián de Choropampa	30
Tabla 7. Identificación de variables	32
Tabla 8. Formato De Recolección De Datos Para Movimientos En Masa (Mm)	33
Tabla 9. Data de Precipitaciones entre los años 2017 y 2023 de la Estación Meteorológica Magdalena.....	49
Tabla 10. Clasificación de pendientes.....	51
Tabla 11. Cuadro resumen de clasificación de movimientos	51
Tabla 12. Estabilidad de laderas y amenazas relativas por movimientos en masa.....	59
Tabla 13. Distribución de las zonas según su categoría de estabilidad.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1991) denominan a este movimiento “colapso”.....	7
Figura 2. Vuelcos y desprendimientos	8
Figura 3. Deslizamiento rotacional ocurrido en la provincia de Chimborazo, muestra el escarpe principal y el escarpe secundario, Paccha, Ecuador, 2002 (fotografía Kashypa Yada)	9
Figura 4. Esquema de un deslizamiento rotacional figura 3 mostrando los rasgos morfológicos característicos.....	9
Figura 5. Deslizamiento compuesto en rocas sedimentarias Cretáceas Valle Scatter, BC, Canadá Fuente: Hungr, (1981).....	10
Figura 6. Signos para reconocer un problema de deslizamientos	13
Figura 7. Esquema de flujos; a. Flujos Canalizados; b. Flujos no canalizados.....	16
Figura 8. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos.....	16
Figura 9. Procesos de reptación (a) ladera en reptación, esquisto cloritico meteorizados (b) reptación de suelos (c) y (d) esquemas de reptación y solifluxión.....	17
Figura 10. Nomenclatura de taludes y laderas, a. Talud Artificial y b. Ladera Natural.....	19
Figura 11. Aspectos fundamentales para el análisis de susceptibilidad	21
Figura 12. Ubicación geográfica del Centro Poblado San Sebastián de Choropampa.....	29
Figura 13. Accesibilidad al Centro Poblado San Sebastián de Choropampa	30
Figura 14. Geología Regional	35
Figura 15. Plano Geológico Estructural	36
Figura 16. Gráfica de precipitación acumulada en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena, entre los años 2017 al 2023, expresadas en valores mensuales.....	49
Figura 17. Gráfica de Precipitación anual en el centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, del año 2017 al 2023.....	50
Figura 18. Gráfica de los tipos de movimientos de masa identificados en el lugar de estudio.....	52
Figura 19. Imagen satelital, en donde muestra un deslizamiento rotacional a la entrada del centro poblado. (Fuente: Google Earth 2023).....	55
Figura 20. Dirección del principal flujo detrítico.....	57

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Terrazas formadas en el Río Magdalena, en la parte baja del Centro Poblado Choropampa	37
Foto 2. Depósito coluvio-aluvial en el corte de carretera Choropampa – Asunción.....	37
Foto 3. Cauce del río en forma de "V". (quebrada Choropampa)	46
Foto 4. Valle en forma de “V” abierta. (Río Magdalena, puente que une al C.P. Choropampa y el distrito la Asunción)	47
Foto 5. Reptación y movimiento lento de detritos ladera abajo por acción de la gravedad. (Al Noreste del C.P. Choropampa).....	47
Foto 6. Dirección del viento (verde), caída de partículas a la carretera C.P. San Sebastián de Choropampa a la Asunción (rojo).	48
Foto 7. Socavamiento identificado en la carretera al caserío Quivinchán, parte alta del C.P. Choropampa, el cual pone en riesgo la transitividad en la carretera.	52
Foto 8. Caída de Rocas identificado en el flanco derecho de la quebrada Llagaden, se observan bloques de roca (rojo) a punto de caer por el talud, debido a la alta pendiente.....	53
Foto 9. Fragmentos de roca en el curso de la quebrada (verde) y bloques a punto de caer por el talud debido a la alta pendiente que presenta.	53
Foto 10. En el km. 1+100 de la carretera que une al C.P. Choropampa con la Asunción, parte baja del C.P. Choropampa, varios bloques de suelo y roca se están desprendiendo del talud.	54
Foto 11. A) Escarpe en la cresta del deslizamiento de aproximadamente 2 metros.....	55
Foto 12. B) Evidencia del plano de falla del deslizamiento rotacional en la quebrada Choropampa.	56
Foto 13. Lento movimiento de material ladera abajo debido a la escasa vegetación y poca consolidación del suelo, al Noreste del C.P. Choropampa.....	56
Foto 14. A) Parte alta del C.P. Choropampa, Se observa dentro del flujo de detritos, el inicio de la turbulencia, es decir pequeños bloques de roca intercalado con material finos.	58
Foto 15. B) Parte baja del C.P. Choropampa, se logra evidenciar la acumulación de bloques, correspondiente al esquema típico de un flujo de detritos.	58

LISTA DE ABREVIATURAS

MM	: Movimientos en Masa.
WGS-84	: Sistema Geodésico Mundial 1984.
UTM	: Universal Transversal de Mercator.
GPS	: Sistema de posicionamiento global.
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú.
Pág.	: Página.
Fm.	: Formación.
°C	: Grado Centígrado
Kg.	: Kilogramos.
Az.	: Azimut
km.	: Kilómetros
cm.	: Centímetro.
m.	: Metro.
N	: Norte.
S	: Sur.
E:	: Este.
W	: Oeste.
%	: Porcentaje.
C.P.	: Centro Poblado
GEMMA	: Grupo de Estándares para Movimientos en Masa
m ²	: Metro cuadrado
m s. n. m.	: Metros sobre el nivel del mar

RESUMEN

El centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, debe disponer de información geológica, geodinámica para identificar peligros geológicos y evitar los problemas cotidianos que se derivan de las construcciones mal emplazadas, por tales motivos es importante determinar las amenazas generadas por movimientos en masa en el centro poblado. Esta investigación comprende diferentes etapas: La etapa preliminar de gabinete que consiste en la recopilación y evaluación de antecedentes teóricos, etapa de campo con el reconocimiento y recolección de datos en campo y etapa final de gabinete en donde se realiza el procesamiento de datos; finalizando con la elaboración de la Tesis de Investigación. En total se analizaron 7 estaciones con potencial para desencadenar movimientos en masa, se identifican 12 movimientos: 5 socavamientos que representan el 41%, 3 de caída el 25%, 2 rotacionales el 17% y 2 de reptación el 17%, estos se deben a la poca consolidación de los materiales que conforman la zona de estudio (depósitos cuaternarios fluvial y coluvio aluvial), siendo fácil de erosionar y movilizar por el agua, viento o la combinación de ambos. Los datos recolectados son delimitados y presentados en un plano de susceptibilidad a escala local 1:10 000 para poder ser identificados y controlados.

Palabras claves: geodinámica, factores detonantes, movimientos en masa, susceptibilidad, depósito cuaternario.

ABSTRAC

The town of San Sebastián de Choropampa – Magdalena must have geological and geodynamic information to identify geological hazards and avoid the daily problems that arise from poorly located constructions, for these reasons it is important to determine the threats generated by mass movements in the town. This research includes different stages: The preliminary office stage which consists of the collection and evaluation of theoretical background, field stage with the recognition and collection of data in the field and final office stage where data processing is carried out; ending with the preparation of the Research Thesis. In total, 7 stations with the potential to trigger mass movements were analyzed, 12 movements were identified: 5 undercuts representing 41%, 3 falling 25%, 2 rotational 17% and 2 crawling 17%, these are due to the little consolidation of the materials that make up the study area (quaternary deposits fluvial and colluvium alluvial), being easy to erode and mobilize by water, wind or the combination of both. The data collected is delimited and presented in a susceptibility plane at a local scale 1:10,000 and to be able identified and controlled.

Keywords: geodynamics, triggering factors, mass movements, susceptibility, quaternary deposits.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En América Latina como en el Perú son casi nulos los estudios donde se toman en cuenta las características geológicas, geomorfológicas y de suelos del área donde se ubican las ciudades y asentamientos humanos que permitan determinar en gran parte las posibilidades de un desarrollo socioeconómico sostenible de su población. (INGEMMET, 2005). La ciudad de Cajamarca y sus alrededores no son ajenos a este tipo de problemas, por lo que se debe contar con estudios geológicos de detalle para prevenir problemas de movimientos en masa de suelos y rocas, debido al ámbito complejo y variado que proporciona gran cantidad de problemas a las infraestructuras existentes, de tal manera que pueden afectar a los pobladores y hacer perder miles de soles y muchas vidas humanas. (Cruzado, 2015) en este sentido, el centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, debe disponer de información geológica, geodinámica para identificar peligros geológicos y evitar los problemas cotidianos que se derivan de las construcciones mal emplazadas. En tal sentido, la finalidad de esta investigación es contribuir al conocimiento geológico a detalle y los procesos geodinámicos externos existentes, como son los procesos de movimientos en masa de suelos y rocas, para mitigar las amenazas existentes por movimientos en masa. Por esta razón es necesario realizar un estudio detallado que permita evaluar adecuadamente las amenazas por movimiento en masa mediante la identificación en campo, perfiles topográficos y geológicos, caracterización de suelos y datos de precipitaciones de los últimos meses proporcionadas por las estaciones meteorológicas cercanas y elaboración de un mapa de susceptibilidades que permitirá determinar las amenazas existentes para su evaluación. El problema planteado es determinar ¿Cuáles son las amenazas generadas por movimientos en masa en el centro poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena? Dentro de los objetivos planteados para esta tesis están: Evaluar las amenazas por movimientos en masa en el centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, definir la litología en la que se generan los movimientos en masa haciendo uso de las técnicas de reconocimiento en campo, clasificar los movimientos en masa, determinar los factores geodinámicos externos que generan los movimientos en masa y elaborar un mapa de susceptibilidades.

Tanto Cajamarca como sus alrededores en los últimos años se ha visto afectado por el crecimiento descontrolado de la población, edificaciones urbanas y obras civiles; por lo que esta investigación tiene como finalidad determinar las amenazas generadas por movimientos en masa, en el centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, apoyándose en herramientas y técnicas cobra mayor importancia en cuanto se refiere a la elaboración de un plan de prevención ante un eventual desastre, evitando así pérdidas materiales, económicas y humanas. La hipótesis que se plantea es que el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena presenta amenazas por movimientos en masa debido a factores geodinámicos externos condicionantes naturales en diferentes formaciones geológicas, tipos de suelos, pendiente y precipitaciones, los cuales son favorables para las amenazas por movimientos en masa. La presente investigación es de interés justificable para las autoridades locales, investigadores en línea y la población universitaria y en general, tomándose como línea de base para mitigar o dar soluciones a las amenazas de los movimientos en masa de esta localidad. La investigación de acuerdo con el esquema está constituida por cinco capítulos, los cuales se describen a continuación: El capítulo I Introducción se describe principalmente el problema, justificación de la investigación, sus alcances y los objetivos a alcanzar. El capítulo II que corresponde al marco teórico, se considera los antecedentes internacionales, nacionales y locales. Las bases teóricas y la definición de términos básicos. En el capítulo III que corresponde a los materiales y métodos, se considera la ubicación geográfica de la investigación y el tiempo en el cual se realiza la investigación, además se describe el procedimiento y se presenta los resultados de la investigación. El capítulo IV que corresponde al análisis y discusión de resultados, se describe, explica y discute los resultados de acuerdo con los objetivos de la investigación. También se discute y compara con los resultados presentados en los antecedentes teóricos y se realiza la contrastación de la hipótesis. El capítulo V que corresponde a las conclusiones y recomendaciones, las conclusiones van de acuerdo con los objetivos y las recomendaciones de acuerdo con lo que el investigador considera necesario para ampliar los conocimientos sobre el problema. Así también se presenta referencias bibliográficas y anexos al final de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1. A nivel internacional

Jiménez (2005), En su Tesis Doctoral “Análisis de la Susceptibilidad a los Movimientos de ladera mediante un SIG en la Cuenca Vertiente al Embalse de Rules, Granada”. Se muestra una serie de movimientos de ladera y se analizan los factores más relevantes de la susceptibilidad del terreno a los movimientos de ladera, mediante un Sistema de Información Geográfica, en donde una vez calculada la susceptibilidad se procede a calcular el grado de ajuste para la validación de la misma.

Sánchez (2014), En su Tesis “Zonificación de susceptibilidad ante los movimientos en masas en la cuenca de La Quebrada La Culebra, en el municipio Guanta, estado Anzoátegui”; realizó la cartografía de mapas temáticos a escala 1:25.000, necesarios para generar el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa mediante una metodología probabilística bivariada; concluye, entre otras afirmaciones, que el pronóstico temprano de la susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio permitirá orientar acciones de prevención y mitigación de los efectos que puedan ocasionar estos.

Mujica y Pacheco (2013), En su investigación “Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela”; realizaron este trabajo en una investigación de campo, de tipo explicativa, donde el investigador en algunas situaciones no puede manipular directamente las variables, ya que no es posible el control y manejo absoluto de las mismas. En consecuencia, a este tipo de variables se le pueden denominar atributivas, sin embargo, por medio de ellas es posible comprobar hipótesis, establecer relaciones de causa y efecto, utilizar métodos estadísticos para el tratamiento y análisis de datos.

Beltran (2019), En la tesis titulada “Elaboración de un inventario de movimientos en masa mediante técnicas geomáticas en el Municipio de Villeta Cundinamarca”, se planteó como objetivo aplicar una metodología para la elaboración de un registro de movimientos en masa

a escala local en el municipio de Villeta a partir de imágenes satelitales. Se concluyó que los movimientos en masa son una de los motivos más habituales de ocurrencia de desastres en el mundo. En dicho estudio hizo uso de sensores remotos y herramientas que proporcionan los sistemas de información geográfica, a través de geoprocесamientos, fue muy útil, ya que permite emplear modelos digitales de 20 elevación para analizar factores geomorfométricos.

2.1.2. A nivel nacional

Blanco (2013), En su Tesis de grado “Evaluación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa en la zona central de la cuenca de río Mantaro - Región Junín”, evalúa mediante métodos estadísticos y el uso de un SIG el grado de susceptibilidad de la cuenca del río Mantaro, comparando los resultados con el índice de densidad obtenida del inventario de Movimientos en Masa del terreno.

Quispe (2011), en su Tesis, “Estudio Geológico y análisis del peligro y riesgo geológico en Pícol San Jeronimo Cusco”, Realiza una descripción y análisis de los movimientos en masa centrándose en la parte alta y la quebrada de la microcuenca thuniyoc, llegando a estimar volúmenes de material proclive a deslizarse.

Barreto (2015), En su tesis titulada “Análisis de peligros y vulnerabilidades para la gestión del riesgo de desastres, utilizando el sistema de información geográfica (sig) en la localidad de Acopampa – Carhuaz, Ancash”, se Analizan los peligros y vulnerabilidades para la gestión del riesgo de desastres. Este trabajo consistió en calificar, identificar y analizar su incidencia en un contexto dado. Se concluye que hay dos tipos de peligros naturales: Ocurrencias de sismos e inundaciones, se ha determinado riesgo medio, alto y muy alto.

2.1.3. A nivel local

Villacorta et al (2007), En su Tesis de grado “Análisis de la Susceptibilidad por Movimientos de Ladera en la Cuenca del Río Llaminchan, (Cajamarca-Perú)”. Mencionan que el inventario y cartografiado de movimientos de ladera son herramientas que proveen de información confiable a los modelos de susceptibilidad a dichos fenómenos; así mismo que la elaboración de una matriz de susceptibilidad es de mucha utilidad para ponderar las relaciones existentes entre unidades litológicas y rangos de pendientes.

Alcántara (2016), En su tesis de grado “Evaluación geotécnica del deslizamiento el naranjo en Cajamarca” concluye que las zonas aledañas al deslizamiento muestran propiedades

geotécnicas similares; desencadenando así nuevos movimientos en masa en el lugar, así mismo, todo el trayecto del Abra el Gavilán a Magdalena ya muestra señales de inestabilidad.

Cruzado (2015), En su Tesis Doctoral “Identificación y Análisis de Factores Condicionantes Naturales y Antrópicos para los procesos de Remoción de Masas de Rocas y Suelos en el Sector Lucmacucho”; Menciona que los eventos desencadenantes se deben a prolongadas precipitaciones durante anomalías climáticas y a la presencia de rocas que por su forma de depositación a favor de la pendiente favorecen la inestabilidad de las laderas.

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. Movimiento en masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Glade & Crozier, 2005).

En la literatura científica se encuentran muchas clasificaciones de movimientos en masa; la mayoría de ellas se basan en el tipo de materiales, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación.

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

2.2.2. Tipos de movimiento en masa

En esta sección se presentan definiciones para las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales, reptaciones; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas (Tabla 1) (Varnes, 1978).

Tabla 1. Tipos de movimiento en masa.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo Rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuna, Deslizamiento rotacional.
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Crecida de detritos Flujo de detritos, lodo, tierra y turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Varnes, (1978)

2.2.2.1. Caída (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 m/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En la (Figura 1) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (Evans & Hungr, 1993). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

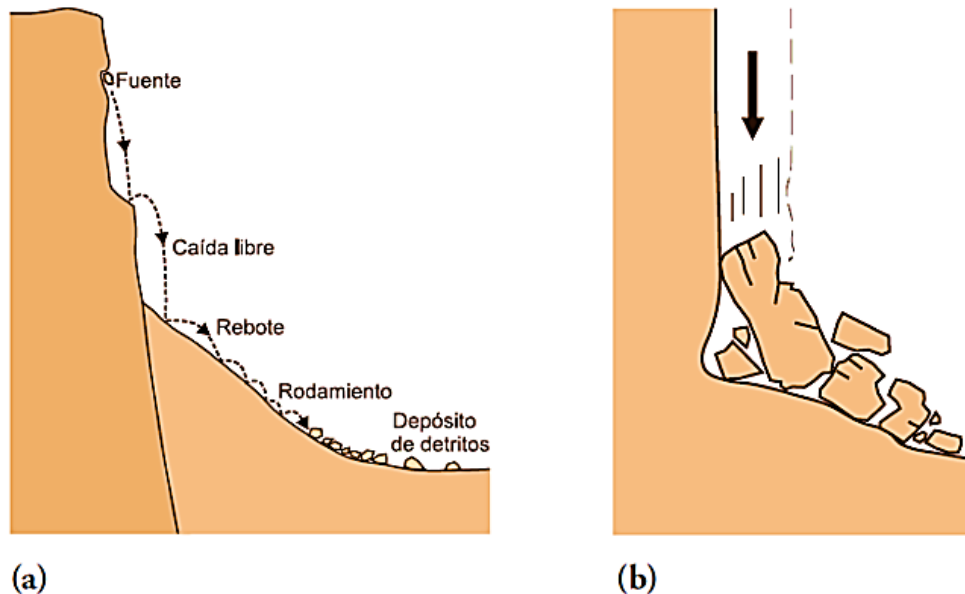


Figura 1. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1991) denominan a este movimiento "colapso".

Fuente: Evans & Hungr, (1993)

2.2.2.2. Vuelco por flexión

Tiene lugar en rocas con un sistema preferente de discontinuidades, formando vigas semicontinuas en voladizo. Las columnas continúan cuando se doblan hacia adelante rompen por flexión. Este tipo de movimiento es característico en esquistos, filitas, pizarras y en secuencias rítmicas finamente estratificadas.

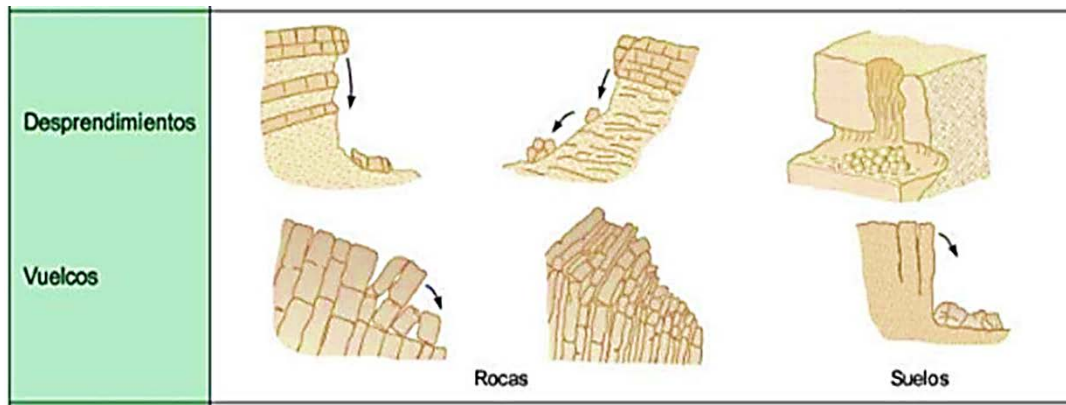


Figura 2. Vuelcos y desprendimientos

Fuente: González de Vallejo, (2002).

2.2.2.3. Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento ladero abajo 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, 1978)

a. Tipos de Deslizamientos

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

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

a.a Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contra pendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas (Figuras 3 y 4). Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1m/s.

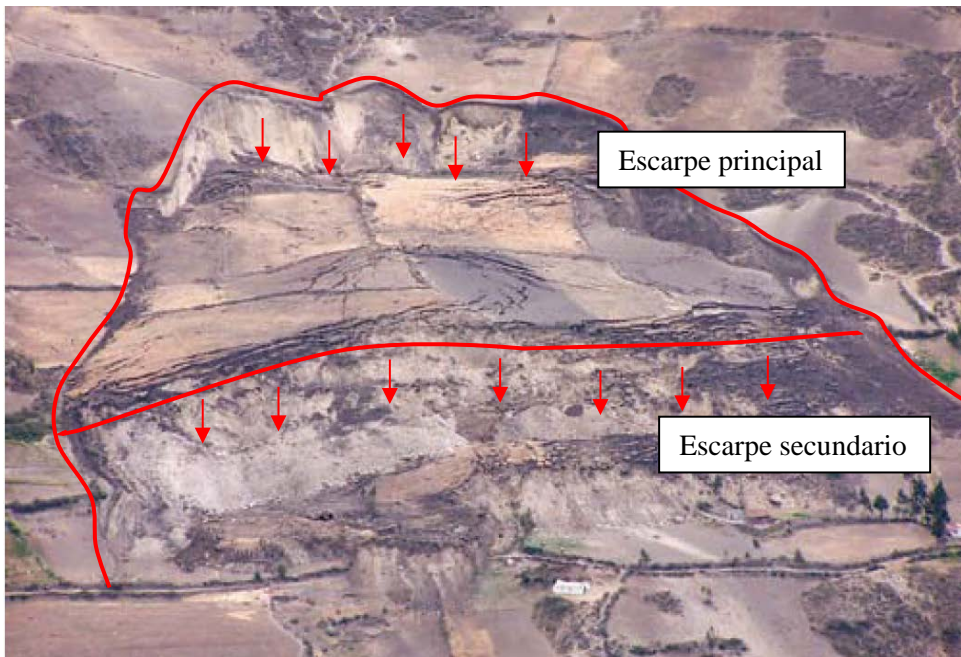


Figura 3. Deslizamiento rotacional ocurrido en la provincia de Chimborazo, muestra el escarpe principal y el escarpe secundario, Paccha, Ecuador, 2002 (fotografía Kashypa Yada)

Fuente: GEMMA, (2007)

**Inclinación del cuerpo
hacia el escarpe**

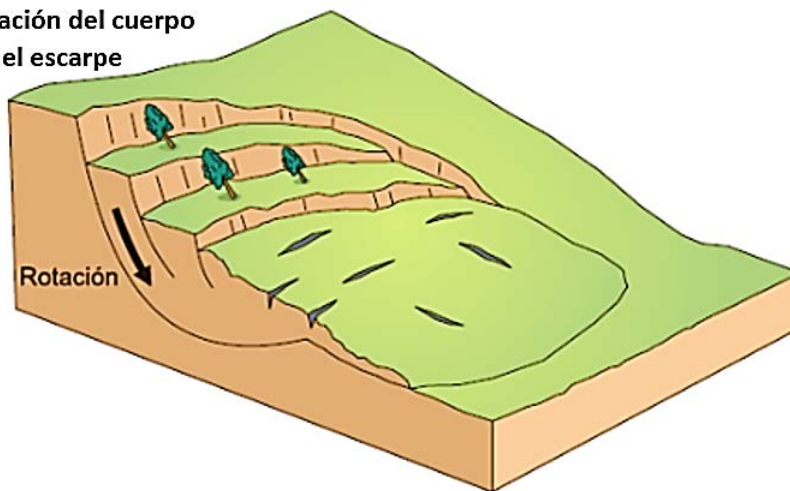


Figura 4. Esquema de un deslizamiento rotacional figura 3 mostrando los rasgos morfológicos característicos.

Fuente: Varnes, (1978)

Como se mencionó antes, algunos deslizamientos tienen superficies de falla que no son ni rotacionales ni planares. Este tipo de deslizamiento es denominado por (Hutchinson, 1988) deslizamiento compuesto. La superficie de ruptura se desarrolla a lo largo de planos de plegamiento, o por la intersección de varias discontinuidades planares o por la combinación de superficies de ruptura y de planos de debilidad de la roca. El movimiento a lo largo de superficies de deslizamiento compuestas no es cinemáticamente posible sin que ocurra

cizalla interna significativa en el cuerpo del deslizamiento (Hutchinson, 1988) (Figura 5). Los deslizamientos compuestos usualmente presentan un control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares de complejidad variable. El tipo más común de deslizamiento compuesto incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, usualmente paralela a la estratificación en rocas sedimentarias.

Usualmente los deslizamientos compuestos se caracterizan por pequeños escarpes y la formación de estructuras de “graben” o fosa, lo cual los diferencia morfológicamente de los deslizamientos rotacionales (Figura 5).

En consecuencia, las propiedades mecánicas del cuerpo del deslizamiento juegan un papel importante en los deslizamientos compuestos, en contraste con los deslizamientos rotacionales o traslacionales, que no requieren deformación interna y en los cuales la resistencia al deslizamiento radica en las propiedades de la superficie de ruptura.

Se pueden dar muchas otras formas de movimientos en masa compuestos. Los deslizamientos que se presentan en laderas de alta pendiente en rocas competentes.

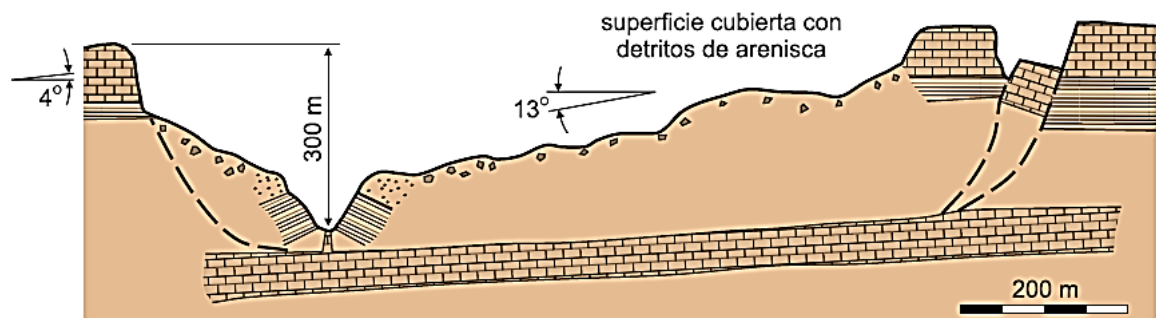


Figura 5. Deslizamiento compuesto en rocas sedimentarias Cretáceas Valle Scatter, BC, Canadá
Fuente: Hungr, (1981).

Son usualmente compuestos, debido a que la superficie de ruptura debe desarrollarse siguiendo una serie de discontinuidades de orientaciones muy variadas. Dado que requieren desarrollar deformación interna para que ocurra el deslizamiento, se desintegran con rapidez tan pronto como se inicia el movimiento. (Hungr & Evans, 2004) proponen el término “colapso de roca” para este tipo de deslizamiento, evitándose la necesidad de especificar el mecanismo de ruptura. Estos deslizamientos de roca ocurren a lo largo de una superficie irregular compuesta por numerosas discontinuidades orientadas al azar y separadas por segmentos de roca intacta (“puentes de roca”). Ocurren súbitamente y con velocidades altas, por lo cual están entre los deslizamientos más amenazantes y difíciles de analizar y predecir.

Este tipo de movimiento usualmente se transforma en caída de roca, si son de magnitud pequeña, o en avalanchas de roca cuando son de gran magnitud.

b. Impacto de los deslizamientos

La actividad de deslizamientos a nivel mundial se está incrementando debido a:

Incremento de urbanización y desarrollo en áreas propensas a deslizamientos, deforestación continúa de áreas propensas a deslizamientos y al Incremento de la precipitación regional causada por los cambios de los patrones climáticos (Suárez, 2009)

c. Pérdidas económicas debidas a los deslizamientos

- Costos Directos: Reparación, reemplazo o mantenimiento como resultado de los daños a la propiedad o infraestructura debido a los deslizamientos.
- Costos Indirectos: Pérdida de productividad e ingresos, reducción del valor de la tierra, pérdida de ingreso por impuestos, medidas de mitigación de los deslizamientos, pérdida de productividad humana o animal debida a heridas/traumas.

d. Elementos del deslizamiento

- Altura

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza no son accidentes topográficos bien marcados (Suárez, 2009).

- Pie

Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

- Cabeza o escarpe

Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior (Suárez, 2009).

- Altura de nivel freático

Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza (Suárez, 2009).

- Pendiente

Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical (Suárez, 2009).

e. Dimensiones de un deslizamiento

- Ancho de la masa desplazada: Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud.
- Ancho de la superficie de falla: Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud.
- Longitud de la masa deslizada: Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- Longitud de la superficie de falla: Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- Profundidad de la superficie de falla: Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno.
- Longitud total: Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- Longitud de la línea central: Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.
- Tamaño del deslizamiento: En cuanto a la magnitud no hay tamaños estandarizados para la descripción de deslizamientos que pueda proporcionar alguna referencia. La tabla 2 es usada en el presente trabajo de investigación, como guía para describir el tamaño de deslizamientos. (Suárez, 2009)

Tabla 2. Tamaño de deslizamientos por área en proyección horizontal

Descripción	Área (pies ²)	Área (m ²)
Muy pequeña	<2000	<200
Pequeña	2,000- 20,000	200- 2,000
Media	20,000- 200,000	2,000- 20,000
Extensa	200,000- 2,000,000	20,000- 200,000
Muy extensa	2,000,000- 20,000,000	200,000- 2,000,000
Enorme	>20,000,000	>2,000,000

Fuente: Conforth, (2005).

f. Evidencias de deslizamientos

Las condiciones de inestabilidad de un lugar no son necesariamente obvias en la investigación de campo. En ocasiones hay evidencias claras de la inestabilidad, pero es común que una amenaza de movimiento no sea detectada a simple vista.

Parkhurst, propuso una metodología para la identificación de sitios inestables. Este procedimiento consiste en darle una calificación a una serie de factores o indicadores de estabilidad, en forma similar a como se elaboran los mapas de amenaza a los deslizamientos y de acuerdo a la calificación se investigan a detalle los sitios con más alta calificación de amenaza. En ocasiones existen evidencias claras de deslizamiento del terreno, pero es común que estos eventos no sean detectados a simple vista, por lo que se deben tener en cuenta algunos signos que nos indiquen un problema de deslizamiento. Se recomienda tener en cuenta la siguiente lista de evidencias más comunes (Parkhurst, 2000):

- Escarpas (en caso si el material es suelo) o escarpes (si el material es roca).
- Grietas (suelo) o fisuras (roca) en el terreno.
- Afloramientos de agua (manantiales y lagunas) a diferentes niveles topográficos del terreno.
- Inclinación de árboles.
- Grietas en las paredes de las viviendas.
- Presencia de terrazas escalonadas y depresiones en el terreno.
- Estructuras rotas como canales, carreteras, cercos, etc.

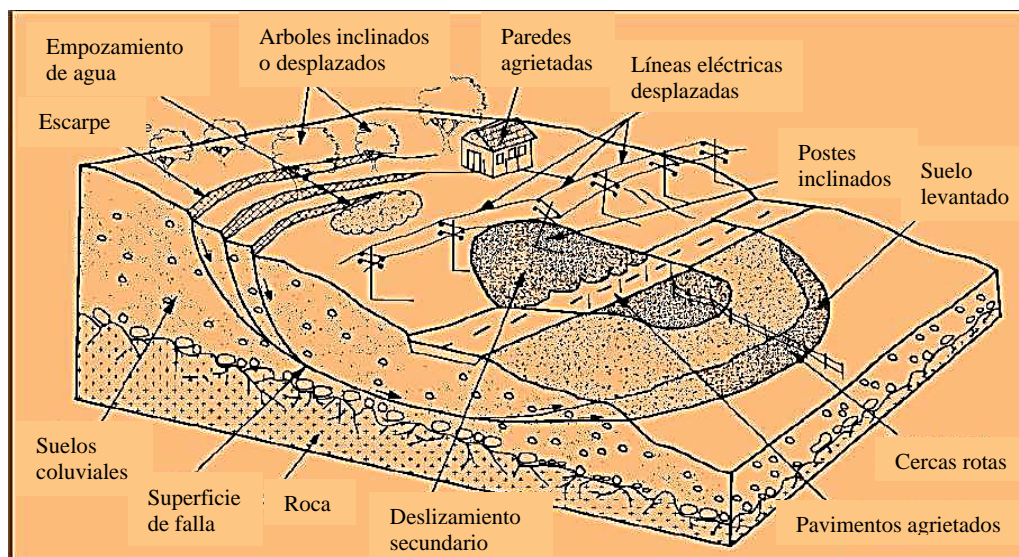


Figura 6. Signos para reconocer un problema de deslizamientos

Fuente: Suárez, (2009).

Tabla 3. Detalles que indican actividad o inactividad de deslizamientos.

Deslizamientos activos	Deslizamientos inactivos
Escarpes terrazas y hundimientos con bordes puntiagudos	Escarpes terrazas y hundimientos con bordes redondeados
Grietas sin relleno	Grietas rellenas
Movimientos de masa secundarios sobre las caras de los escarpes	No hay movimientos de masa secundarios sobre las caras de los escarpes
Deslizamientos activos	Deslizamientos inactivos
Superficies de ruptura frescas y con estrías	No aparecen estrías en la superficie de ruptura
Bloques con superficies fracturadas frescas	Bloques con superficies fracturadas meteorizadas
Sistema de drenaje irregular con empozamiento y depresiones	Sistema de drenaje integrado al paisaje
Solo aparece vegetación de rápido crecimiento sobre las áreas de ruptura	Aparece vegetación de crecimiento lento sobre las áreas de ruptura
No aparece formación de suelo nuevo sobre la superficie de ruptura expuesta	Aparece suelo nuevo u oxigenado lento sobre las superficies de ruptura expuestas
Vegetación en estado muy diferente dentro y fuera del área deslizada	Vegetación muy similar dentro y fuera del área deslizada
Arboles inclinados, pero no torcidos	Arboles curvados y torcidos

Fuente: Crozier, (1984)

2.2.2.4. Flujo (Flow)

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

(Hungry et al, 2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas.

Es importante hacer la distinción entre los diferentes tipos de flujos cuando se analiza la amenaza a que está sometida un área ya que, como se describe más adelante, el potencial destructivo es característico de cada tipo. Por ejemplo, es importante establecer la diferencia

entre flujo de detritos y avalancha de detritos. En el caso del flujo de detritos (movimiento en masa canalizado) el estudio de amenaza se deberá concentrar en una trayectoria preestablecida o canal y en el área de depositación o abanico, áreas potencialmente afectadas. En cambio, una avalancha de detritos puede desplazarse sobre áreas abiertas en laderas de alta pendiente. Por supuesto las avalanchas de detritos con frecuencia encuentran un canal preexistente y se convierten en flujos de detritos.

Otra distinción importante de uso práctico para el estudio de amenazas es aquella entre flujos de detritos y crecidas de detritos (inundaciones o avenidas de detritos). Las crecidas (debris flood) presentan un potencial destructivo relativamente bajo con respecto a los flujos de detritos (Hungry O. , 2005).

La descripción de los siguientes tipos de flujo se basa principalmente en los autores ya mencionados, (Varnes, 1978), (Hungry et al, 2001), (Hungry O. , 2005).

a. Flujo seco

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

b. Flujo de detritos (Debris flows)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de u, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda.

Las velocidades de los flujos se determinan generalmente en el campo por observación de las super-elevaciones del flujo en las curvas del canal las cuales se reflejan en marcas de lodos o de vegetación afectada (Hungry O. , 2005). Asimismo, dichas velocidades se pueden

determinar con base en la diferencia en elevación de diques o albardones longitudinales formados al desbordarse el flujo en las márgenes de curvas del canal. Muchos de los desastres más devastadores en el mundo, en términos de pérdidas económicas, han sido atribuidos a flujos de detritos. Entre otros, se pueden mencionar los casos de Vargas en Venezuela (1999), Taiwán (1996) y el lahar detonado por el derretimiento de nieve del Volcán Nevado del Ruiz, Colombia (1985). Además, una fracción significativa de muertes durante desastres regionales, causados por tormentas o terremotos, se debe a la ocurrencia de flujos y avalanchas de detritos en zonas de topografía abrupta (Hungro O. , 2005).

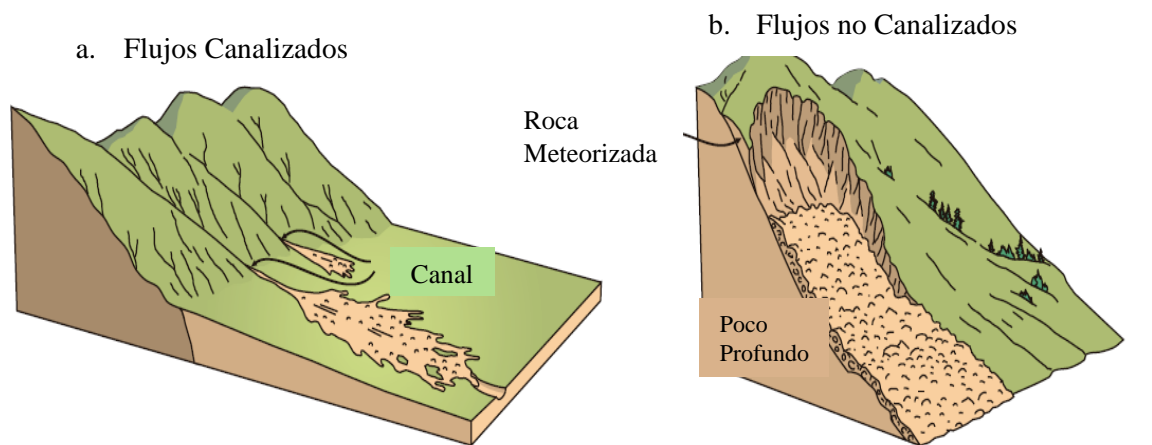


Figura 7. Esquema de flujos; a. Flujos Canalizados; b. Flujos no canalizados.

Fuente: Cruden & Varnes, (1996).

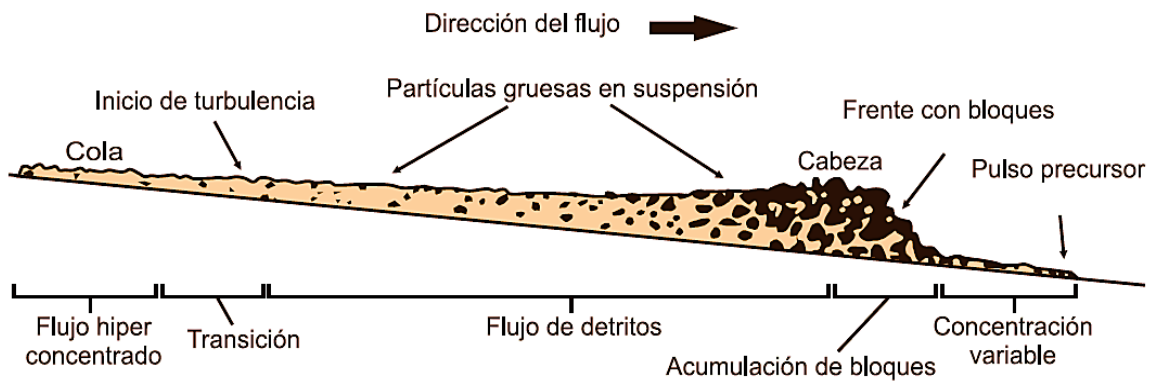


Figura 8. Corte esquemático típico de un flujo de detritos. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos.

Fuente: Pierson, (1819)

2.2.2.5. Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios

climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo (Figura 9). Dentro de este movimiento se incluyen la soliflucción y la geliflucción, este último término reservado para ambientes periglaciares. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación de suelos y la soliflucción son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.

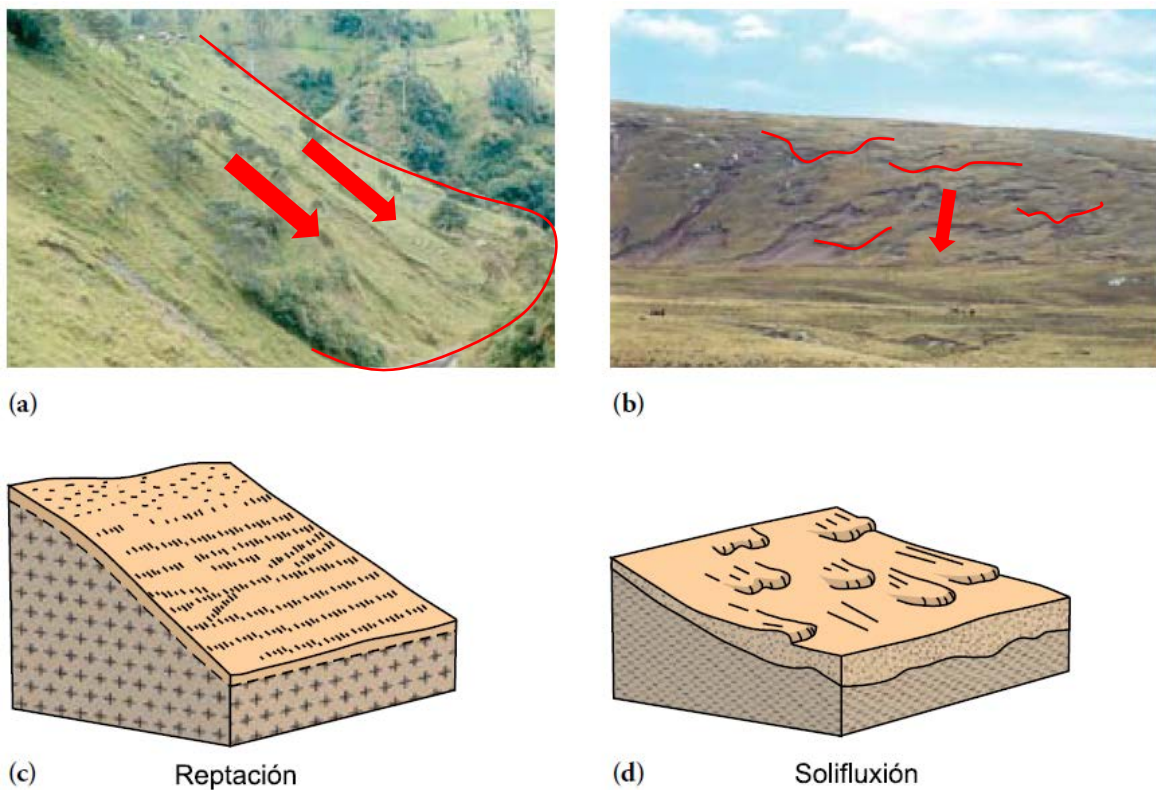


Figura 9. Procesos de reptación (a) ladera en reptación, esquistos cloríticos meteorizados (b) reptación de suelos (c) y (d) esquemas de reptación y soliflucción.

Fuente: GEMMA, (2007)

2.2.3. Geomorfología

Es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre teniendo en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, el clima de la región y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores del paisaje. La geomorfología

estudia el relieve actual, estudiando previamente las formas del relieve desarrollado en el transcurso del tiempo geológico (Davila, 2011).

La geomorfología tiene por objeto:

- a. La descripción de las formas del terreno.
- b. La explicación de su génesis, o sea, de su origen y evolución a través del tiempo geológico.
- c. La definición de la naturaleza y distribución de los materiales que constituyen las geoformas.
- d. La clasificación de los paisajes, principalmente con base en su morfología, origen y composición.
- e. La explicación y descripción de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. (Villota, 2005)

En las últimas décadas, geomorfología pasó de ser una disciplina mayormente académica a constituir una ciencia con aplicaciones pragmáticas, que es capaz de resolver problemas de riesgos naturales, definir la potencialidad de aguas subterráneas, caracterizar el substrato para la construcción de obras de infraestructura, etc., es decir que sirve como apoyo a la toma de decisiones relacionadas con la planificación del territorio y el mejoramiento de la calidad de vida del hombre sin deteriorar el medio ambiente (Villota, 2005)

2.2.4. Laderas y Taludes

Un talud o ladera es una masa de tierra o roca que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Suárez, 2009).

Las laderas a través de los años pueden fallar y modificar su estado natural de estabilidad debido a diferentes factores como los cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural. Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente. (Suárez, 2009)

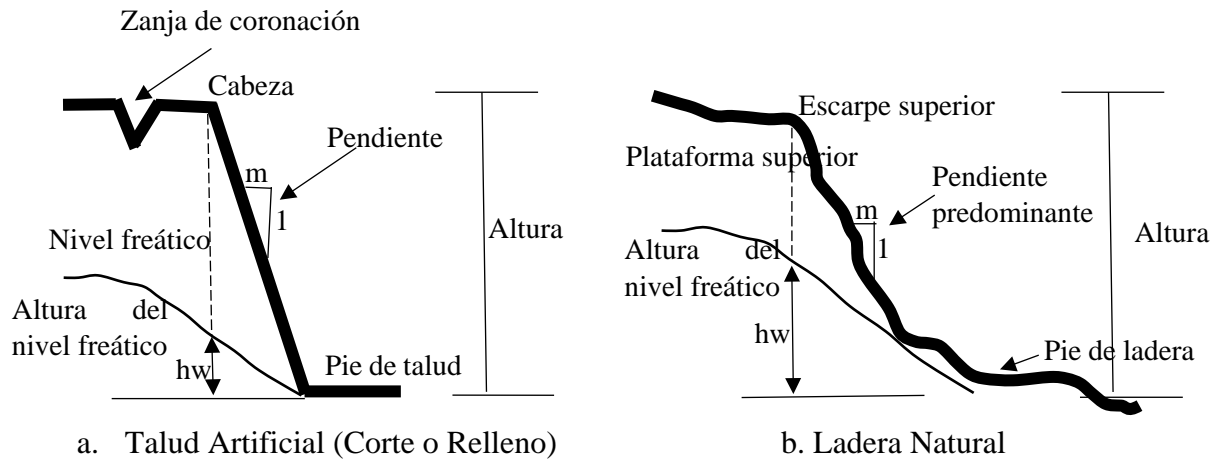


Figura 10. Nomenclatura de taludes y laderas, a. Talud Artificial y b. Ladera Natural

Fuente: Suárez (2009)

Tabla 4. Clasificación de Pendientes

Clasificación	Pendiente (Angulo de inclinación)
Muy baja	0 a5 % (0 a 8.5 grados)
Baja	15 a 30% (8.5 a 16.6 grados)
Mediana	30 a 50 % (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 45 grados)
Muy Alta	Más del 100% (más de 45 grados)

Fuente: Suárez, (2009)

2.2.5. Precipitación

La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, de acuerdo con esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas. (Villón, 2002).

En deslizamientos, la precipitación es una variable independiente pero detonante; por lo cual es necesario contar con datos de medición de estas.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia y otro tipo de precipitación, registrando la altura. Los aparatos de medición se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros y pluviógrafos. (Villón, 2002)

2.2.6. Peligrosidad

La peligrosidad es la probabilidad de ocurrencia del proceso de una intensidad determinada dentro de un periodo de tiempo y área específica. La peligrosidad en un terreno inclinado es la probabilidad de ocurrencia de una falla de determinada magnitud.

En referencia a los deslizamientos significa que las roturas que pueden ocurrir en un futuro es probable que lo hagan en las mismas condiciones que las de los deslizamientos antiguos o actuales. El principio se aplica al estudio de los deslizamientos siempre y cuando las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas no varíen, la probabilidad de que se produzca, con consecuencias negativas, un determinado fenómeno natural de una cierta extensión, intensidad y duración (Varnes, 1984).

2.2.7. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el grado de daños o pérdidas potenciales de un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características de los elementos considerando (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daños) y 1 (perdida o destrucción total del elemento) o entre 0% y 100% de daños (González de Vallejo, 2002).

2.2.8. Susceptibilidad

La susceptibilidad se define como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, y se expresa a través de distintos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos de los materiales geológicos o controlados por un factor externo (González de Vallejo, 2002).

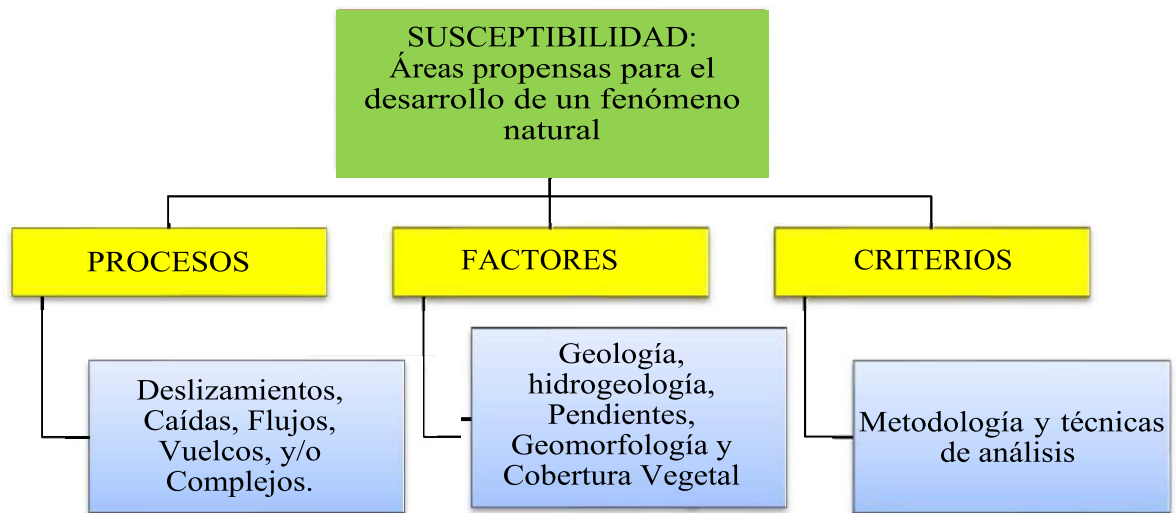


Figura 11. Aspectos fundamentales para el análisis de susceptibilidad

Fuente: Castellanos & Carrillo, (2003)

2.2.8.1. Zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por Movimientos en Masa

La zonificación de la susceptibilidad y/o amenaza es una herramienta útil y es usada en casi todos los lugares del mundo, donde existe propensión a los movimientos de masa. Se han elaborado diversas técnicas para desarrollar la zonificación, teniendo en cuenta factores como la escala de trabajo, la relación costo-beneficio, el objeto del estudio, información disponible, tiempo requerido, precisión de los resultados, capacidad de análisis y experiencia de los investigadores (Mora & Vahrson, 1993).

Una Evaluación de la susceptibilidad es el primer paso del análisis de riesgo, por lo que un mapa ideal de amenaza por inestabilidad de laderas debería suministrar información sobre la probabilidad espacial y temporal de ocurrencia, la distancia, el límite de avance retrogresivo de movimientos en masa, la magnitud, el tipo y entre otros (Hartlen & Viberg, 1996).

2.2.8.2. Preparación de Mapas de Susceptibilidad

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifica las unidades de rocas o suelo que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir movimiento de masa y el mapa de inventario de movimiento de masa (Hartlen & Viberg, 1996).

2.2.8.3. Factores de amenaza y factores de riesgo

Los factores de amenaza son (Smith, 2001):

- La susceptibilidad debida a factores internos.
- Los eventos detonantes como lluvias, sismos, erosión y sobrecargas.
- El potencial de energía destructiva del sistema.

Los factores de riesgo son:

- El nivel de amenaza.
- El grado de exposición de elementos que puedan sufrir daños posibles (ubicados sobre la ladera o al alcance del evento).
- La resistencia al fenómeno que opongan los elementos amenazados, para no sufrir daños estructurales ni funcionales.

2.2.8.4. Medidas y tipos de riesgos

La etapa a la cual los juicios y valores entran en el proceso de decisiones, explícita o implícitamente, incluyendo consideraciones de la importancia de los riesgos estimados y las consecuencias sociales, ambientales y económicas asociadas, con el propósito de identificar un rango de alternativas para el manejo de los riesgos (Suárez, 2009).

- Manejo de Riesgo: el proceso completo de evaluación del riesgo y control de riesgo
- Riesgo aceptable: un riesgo para el cual, para los propósitos de vida o trabajo nosotros estamos preparados a aceptar tal como es, sin preocupación de su manejo. La sociedad no considera justificable realizar gastos para reducir esos riesgos.
- Riesgo tolerable: un riesgo que la sociedad tiene la voluntad de vivir con él, con la confianza de que está apropiadamente controlado hasta donde es posible.
- Riesgo Individual: el riesgo de la fatalidad o lesión de un individuo identificable con nombre propio, quien vive dentro de la zona expuesta al deslizamiento y quien tiene un sistema de vida particular que lo puede exponer al deslizamiento o sus consecuencias.
- Riesgo social: el riesgo de lesiones múltiples o muertes a una sociedad como un todo.

2.2.9. Factores que afectan la estabilidad del terreno

Se pueden separar en dos grandes grupos: factores internos condicionantes y externos o desencadenantes, su interacción permite la determinación de la probabilidad de ocurrencia de peligros geológicos en un área específica, intensidad o susceptibilidad (Ferrer, 1984).

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes; los primeros dependen de las características intrínsecas de las laderas, y los segundos, conocidos también como factores externos, debidos a las condiciones climáticas regionales, por los eventos extremos y por el grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre (Ocampo, 2011).

- Factores internos o condicionantes (FC): Estos se refieren a las propiedades del material, su resistencia, además de características extrínsecas no relacionadas con el material y si con la morfología de la ladera y condiciones ambientales (precipitación, temperatura, entre otros).
- Factores externos o desencadenantes (FD): Actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas, provocando las roturas, debido a las variaciones que ejercen en el estado de equilibrio de aquellas.

2.2.9.1. Otros factores condicionantes

Los factores condicionantes son (Ocampo, 2011):

- Morfología y Topografía: El relieve influye en la estabilidad, a mayor pendiente y altura aumenta el efecto gravitacional.
- Geología y características de los suelos superficiales: El tipo de roca, grado de alteración y meteorización, presencia de discontinuidades (grietas, fracturas, fallas), planos estratigráficos, porosidad, permeabilidad, propiedades físicas y mecánicas (resistencia y deformación), y estado de esfuerzos.
- Condiciones hidrogeológicas: El agua en el interior del terreno disminuye la resistencia cortante al aumentar la presión intersticial, además incrementa el peso volumétrico del terreno con el consiguiente aumento en los esfuerzos actuantes.
- Vegetación: Las raíces fijan los suelos superficiales a los estratos de roca más resistentes ubicados a mayor profundidad, absorben el agua contenida en el suelo y atenúan la erosión superficial al mitigar el impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de escurrimiento.

2.2.9.2. Factores desencadenantes

Los factores geodinámicos responsables de la inestabilidad (Ocampo, 2011):

- Lluvias: Su efecto depende de la intensidad, duración y distribución de la lluvia; puede ocasionar disolución de cementantes y rotura de capilaridad, además influye

directamente en factores condicionantes como la meteorización y el nivel de agua subterránea.

- Terremotos: Las vibraciones sísmicas originan fluctuaciones en el estado de esfuerzos en el interior del terreno y pueden originar todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos y avalanchas), dependiendo además de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro.
- Vulcanismo: Las erupciones volcánicas pueden originar deslizamientos o avalanchas de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos volcánicos; además que el deshielo de las partes altas puede originar flujos rápidos.
- Congelación y deshielo: Factores climáticos que afectan principalmente a regiones frías; este fenómeno produce expansiones, contracciones e infiltración de agua en fisuras y grietas.
- Erosión y socavación: Incluye la acción erosiva de ríos y oleaje, produciendo los siguientes efectos: - Socavación del material en el pie de la ladera que modifica el estado tensional y aumenta las fuerzas cortantes actuantes. - El deslizamiento puede embalsar un Río y después romper súbitamente.
- Actividad humana: Influye en la estabilidad al cambiar la geometría de la ladera por excavaciones, construcción de caminos y presas, sobrecargas debido a estructuras, terraplenes o rellenos y voladuras.

2.2.9.3. Causas y factores de la inestabilidad:

Dentro de los factores condicionantes y desencadenantes que causan las inestabilidades debe prestarse especial atención a aquellos que más influencia ejercen en la ocurrencia de los movimientos de ladera, como son:

- Litologías y grado de meteorización o alteración.
- Estructura geológica, distribución y orientación de planos de discontinuidad (en caso de laderas rocosas).
- Comportamiento geomecánico y propiedades físicas y resistentes de los materiales.
- Parámetros hidrogeológicos, niveles piezométricos y su variación.
- Condiciones meteorológicas.

La información sobre los factores presentes en una zona debe ser obtenida de forma rigurosa cuantificándola siempre que sea posible (González de Vallejo, 2002).

Los procesos que influyen la inestabilidad son:

- Resecamiento del suelo. Al secarse el suelo, se contrae y se producen disyunciones perpendiculares a la dirección en que los vasos capilares van perdiendo agua. No se deben pavimentar los taludes para facilitarles el agua lluvia (Richards, 1985).
- Saturación del material con agua. Si el régimen de agua del suelo es alterado drásticamente por irrigación, remoción de la vegetación o inundación parcial, se puede producir inestabilidad (Richards, 1985).
- Modificaciones por erosión. La erosión comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza del agua en movimiento (Suárez, 2009).

2.2.9.4. Parámetros y procesos de inestabilidad

La descripción general de los movimientos de ladera debe incluir (Cruden & Varnes, 1996):

- Tipo de movimiento (indicando si es complejo).
- Material.
- Dimensiones.
- Actividad.
- Distribución del movimiento dentro de la masa.
- Velocidad.
- Contenido en agua (seco, húmedo, muy húmedo y saturado).

2.2.10. Litología y granulometría de los depósitos sedimentarios

Los sedimentos de edad cuaternaria que cubren a los afloramientos rocosos fueron formados por los procesos geodinámicos ocurridos en la época actual. Aunque estos eventos pueden estar ligados a otros factores más complejos, los más comunes involucran la meteorización y transporte de detritos sobre la superficie topográfica en la que el hombre se ha establecido. Tales detritos poseen rasgos peculiares que permiten caracterizarlos como propios de un ambiente sedimentario en particular. Así, la nomenclatura de éstos se da mediante el entendimiento de su litología, granulometría, forma, tamaño, continuidad y disposición.

A partir de estas consideraciones, y visto desde el punto de vista técnico-ingenieril, a dichos sedimentos recientes se les conoce como depósitos sedimentarios. Cuyas propiedades físicas dependen directamente del espacio geográfico que ocupan. (González de Vallejo et al, 2009).

- Depósitos coluviales.
- Depósitos aluviales.

- Depósitos lacustres.
- Depósitos litorales.
- Depósitos glaciares.
- Depósitos volcánicos.

2.2.10.1. Depósitos Coluviales

Son producto de la alteración y desprendimiento in situ de los macizos rocosos a lo largo de las laderas. Por lo general, están conformados por masas inestables de gravas angulosas transportadas por gravedad y agua bajo la forma de derrubios. Tienen matriz limo arcillosa y su espesor no suele superar los 5m de espesor (Varnes, 1978).

Además, su resistencia es baja, sobre todo en la zona de contacto con el sustrato rocoso que es donde se desarrollan altas presiones como resultado del ingreso de agua intersticial.

2.2.10.2. Depósitos Aluviales

Son producto del transporte y depósito de detritos por medio de la acción del agua. Los elementos que los conforman comprenden arcillas, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas muy variables desde angulosas a redondeadas. Por lo que ocupan cauces, llanuras y paleocauces bajo la forma de abanicos. Mientras que los que se hallan a lo largo de valles de gran amplitud y recorrido están representados por depósitos fluviales. Una forma práctica de diferenciarlos es a través de su matriz y fábrica. Por ejemplo, en el caso de los depósitos de abanicos su matriz es principalmente arcillosa con poca selección de sus clastos. Siendo este último parámetro fundamental para su discriminación respecto a los depósitos fluviales. (González de Vallejo et al, 2009)

Como suelos, son anisotrópicos y de una continuidad lateral irregular. Presentan un nivel freático alto pudiendo tener alto contenido de materia orgánica. Este tipo de depósitos constituyen una fuente importante de materiales de construcción.

2.2.11. Método Heurístico o Empírico

Es un método que se basa en la experiencia del investigador para clasificar y ponderar la distribución de los factores causantes de la ocurrencia de movimientos de masas. Se utiliza para clasificar y ponderar la distribución de los factores causantes de la ocurrencia de movimientos de masas. Sirven además de base para trabajos de mayor detalle y para delimitar zonas peligrosas. En este método se utiliza una ponderación.

2.2.11.1. Ponderación

Se efectúa analizando la mayor y menor frecuencia. Un ejemplo para explicar dicho procedimiento es: el mayor valor de frecuencia es 30 y el menor es 10. La diferencia entre ellos es 20. Como la ponderación va de 1 (mínimo) y 5 (máximo). El valor de 20 obtenido es dividido entre 5. Esta división da 4.0 este valor se suma a la menor frecuencia de la siguiente manera: 10 más 4= 14; 14,0 más 4= 18; 18 más 4= 22; 22 más 4= 26; 26 más 4= 30. Siendo por lo tanto la ponderación: 1, 2, 3, 4, 5 respectivamente. INGEOMINAS (2001).

Tabla 5. Ejemplo de cálculo de ponderación.

Cálculo	Ponderación
(10,0- 14,0) (menor valor)	1
(14,1- 18,0)	2
(18,1- 22,0)	3
(22,1- 26,0)	4
(26,1- 30,0) (mayor valor)	5

Fuente: INGEOMINAS (2001).

2.2.11.2. Parámetros estadísticos

El tratamiento de datos en función de algoritmos requiere de una base de datos cuantitativa de las subunidades de cama mapa factor. (INGEOMINAS, 2001),

La metodología probabilística de semi aproximación cuantitativa usada mediante la técnica de densidad de puntos propuesta por requiere de procesamientos estadísticos de dispersión, distribución y categorización de las ponderaciones de susceptibilidad.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

Cohesión: parámetro de resistencia de un suelo que expresa la fuerza por la cual las moléculas homogéneas de un cuerpo se adhieren unas con otras. (GEMMA, Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas, 2007).

Deslizamiento: los deslizamientos (“Landslides”) consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Suárez, 2009).

Estabilidad: estado y condición de una estructura o de una masa de material cuando puede soportar los esfuerzos aplicados durante largo tiempo sin sufrir una deformación o movimiento apreciable que no se recupere o devuelva al retirar la carga (Hoyos, 2012).

Factor de Transposición: es un factor de corrección que representa el cambio en el arrastre con el levantamiento de un ala tridimensional o un avión, en comparación con un ala ideal que tiene la misma relación de aspecto y una distribución elevación elíptica (Villón, 2002).

Infiltración: Capacidad de penetración de las aguas en las rocas y/o suelos (Davila, 2011).

Precipitación Pluvial: Caídas de agua de la atmosfera por el cambio de temperatura, en forma de lluvia, nieve o granizo (Davila, 2011).

Suelo: Cobertura superficial producto del intemperismo, por la fractura y rompimiento de varios tipos de rocas, mediante procesos mecánicos y químicos (Braja, 2002).

Talud: Superficie inclinada del terreno que se extiende de la base a la cumbre de un cerro (Davila, 2011).

Zonas críticas. Delimitación espacial que hace referencia del estado actual respecto a variables físicas y temporales (Davila, 2011).

Amenazas: Un proceso o fenómeno geológico que puede causar daños al medio ambiente y a la sociedad. Incluye procesos internos de la tierra, como terremotos, y procesos superficiales, como movimientos de masa (Davila, 2011).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Geográfica

Se localiza en la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios correspondiente al Cuadrángulo de Cajamarca (15-f) en la zona 17S. San Sebastián de Choropampa se encuentra ubicado a 1600 msnm., al suroeste de la ciudad de Cajamarca, coordenadas DATUM WGS-84 9193859N, 767791E.

3.1.2. Política

El Centro Poblado San Sebastián de Choropampa está ubicado en el distrito de Magdalena, provincia de Cajamarca.

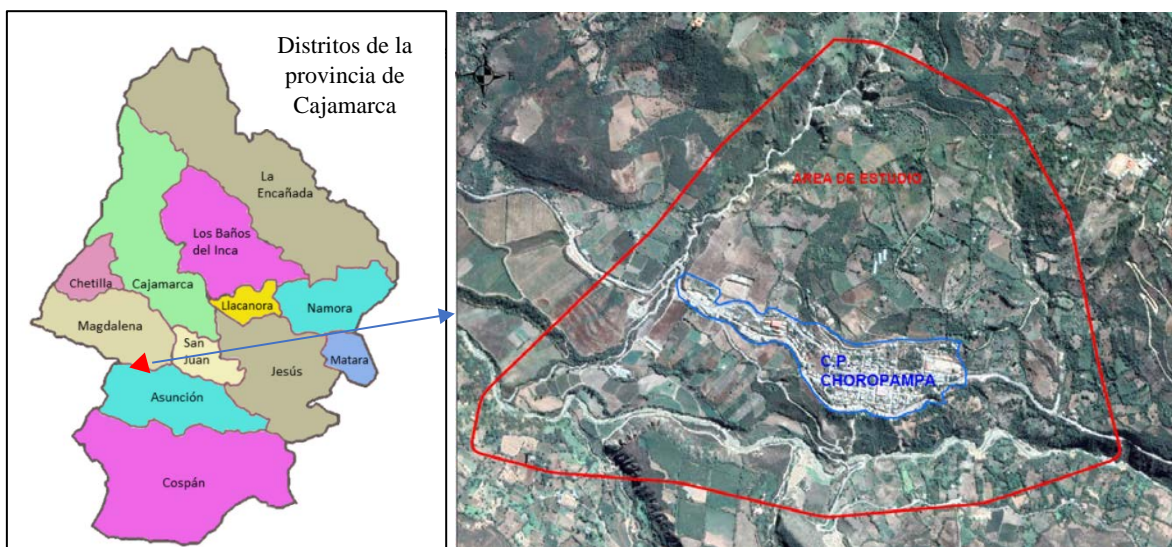


Figura 12. Ubicación geográfica del Centro Poblado San Sebastián de Choropampa.

3.1.3. Accesibilidad

El acceso a la zona de interés de la investigación es por medio de una vía terrestre asfaltada desde la ciudad de Cajamarca hasta el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa, siendo la principal carretera Cajamarca– Ciudad de Dios a 50 km en aproximadamente 65 min como se muestra en la Tabla 6 y Figura 13.

Tabla 6. Accesibilidad al Centro Poblado San Sebastián de Choropampa

Tramo	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo (minutos)
Cajamarca-Centro Poblado San Sebastián de Choropampa	Asfaltada	50	65

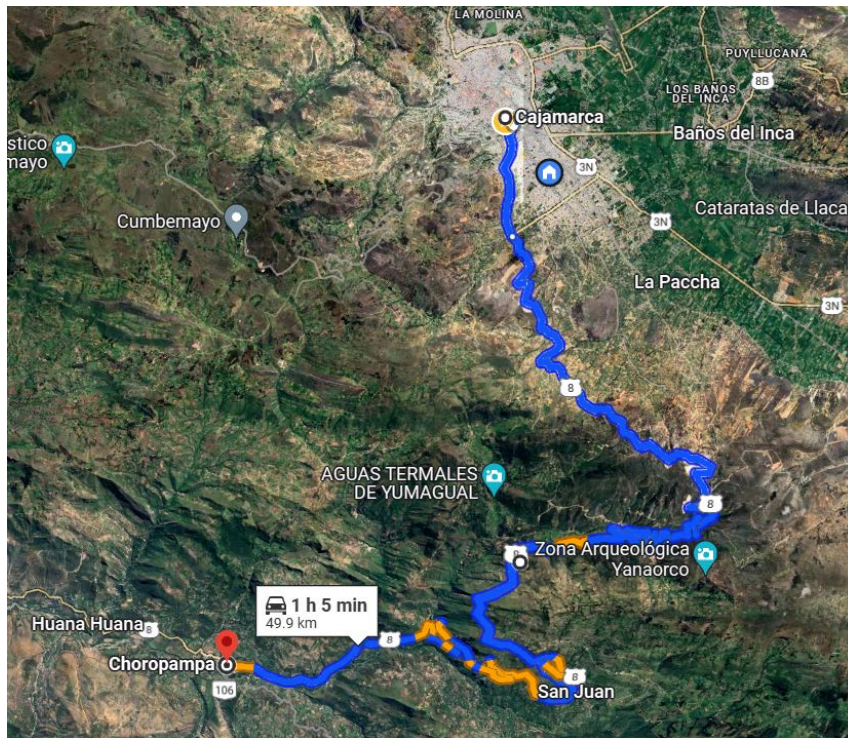


Figura 13. Accesibilidad al Centro Poblado San Sebastián de Choropampa

Fuente: Google Maps, (2024)

3.1.4. Clima

Temperatura Máxima: entre 21°C a 25°C en áreas del norte y 15°C a 21°C en áreas del sur

Temperatura mínima: entre 7°C y 11°C. Precipitación anual: entre 300 mm a 700 mm

aproximadamente. (SENAMHI, 2023)

3.2. PROCEDIMIENTOS

3.2.1. Metodología de la investigación

3.2.1.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación

Tipo:

El tipo de investigación será descriptivo ya que pretende describir tomando criterios de movimientos en masa, los factores que condicionan para que esto suceda.

Nivel:

La presente investigación se basa en la observación y medición directa, ya que se observó y describió los diferentes factores que influyen en los movimientos en masa.

Diseño:

La investigación tendrá un diseño transversal no experimental debido a que se va a observar los fenómenos tal como se da en su contexto natural.

Método:

Cualitativo porque se va a describir procesos geodinámicos y cuantitativo para la elaboración de un inventariado

Fuente: Adaptado. (Supo, 2015)

3.2.2. Población de estudio

Área y Longitud del centro poblado San Sebastián de Choropampa, 320 hectáreas.

3.2.3. Muestra

Estaciones y áreas donde se generan los movimientos en masa, 18 hectáreas.

3.2.4. Unidad de Análisis

Pendientes, laderas, escarpes, lomadas, volcamientos, deslizamientos, reptaciones.

3.2.5. Identificación de variables

Para la investigación se han identificado las variables dependientes e independientes las cuales se plasman en la Tabla 7.

Tabla 7. Identificación de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
Litología	
Geodinámica pendiente	Movimientos en masa
Precipitación pluvial	

3.2.6. Técnicas

El desarrollo de la investigación está comprendido dentro de tres aspectos principales que son dos etapas de Gabinete (preliminar y final) y una de campo.

3.2.6.1. Etapa Preliminar de Gabinete

Orientada a la recopilación y evaluación de antecedentes teóricos de Información bibliográfica de trabajos anteriores que se relacionan con la investigación que se va a realizar, así como también material bibliográfico respecto al tipo de suelos y movimientos en masa, la elaboración de modelos digitales de elevación, plano geológico, imagen satelital y con ello tener una línea de base para el trabajo.

3.2.6.2. Etapa de Campo

Reconocimiento de campo, se realizaron salidas a campo para la recolección de datos: identificación litológica del lugar (contrastando la carta geológica 15-f), medición de rumbo y buzamientos de los estratos, medición de la pendiente de talud, descripción de la estación (tipos de movimiento en masa, agentes erosivos, vegetación, litología, posibles afectados), fotografiado de las estaciones. en los formatos de recolección de datos para movimientos en masa. Ver Tabla 8

3.2.6.3. Etapa de Gabinete

Los datos de medición, identificación de movimientos en masa se procesan en el software ArcGIS v10.8, para realizar el plano de susceptibilidades en escala 1:10 000; luego de analizar y procesar de los datos definir las conclusiones alcanzadas; y finalmente presentar y sustentar el proyecto de investigación.

Tabla 8. Formato De Recolección De Datos Para Movimientos En Masa (MM)

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
Distrito		Provincia		Departamento	
Ubicación					
N° estación:		Diagrama:			
Tipo de MM:					
Fecha:					
Estado:					
Coordenadas UTM - - Zona - 17M					
Este (m):					
Norte (m):					
Cota (m s. n. m.):					
Dimensiones: L: H:					
Descripción:					

INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Lápiz, lapiceros y marcadores: Se utilizarán para el cartografiado geológico del área estudiada y anotaciones de datos.

Plano geológico: Para ubicar las estructuras geológicas en el área de estudio y para tener un alcance de sus límites con otras formaciones; siendo el cuadrángulo geológico de San Marcos (1/100 000) obtenidos de la Carta Geológica 15-f del INGEMMET.

Picota: Para obtener muestras frescas de rocas de los estratos.

Brújula Brunton: Utilizada para medir la orientación (Dip y Dip Direction) de los estratos y discontinuidades del macizo rocoso; de las estructuras geológicas y del talud.

Cámara 40MP: Para capturar en forma virtual la realidad en que se encuentra la roca y su estructura de esta.

GPS Garmin: para la ubicación espacial de los puntos de muestreo; a través de sus coordenadas UTM (Unidad Técnica de Medida) en sistema WGS 84.

Lupa de 20x: Para reconocer los componentes de las rocas muestreadas y para medir el tamaño de grano textural.

Protractor: Para obtener una medida aproximada de los tamaños de granos para clasificar según la escala de Udden–Wentworth.

Rayador de punta imantada: Para obtener la dureza según la escala de Mohs de la roca muestreada.

Formato de recolección de datos para movimientos en masa (mm): para recolectar la información de campo.

3.3. GEOLOGÍA REGIONAL.

El departamento de Cajamarca se encuentra mayormente cubierta por rocas sedimentarias del Cretáceo, del Paleógeno - Neógeno y sedimentos del Cuaternario, en menor proporción rocas del Paleozoico (Ordovícico, Carbonífero, Pérmico), Triásico – Jurásico; así como también rocas del Precámbrico. Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca se encuentran relacionadas a su origen, a su tectónica y a su cronología, siendo el Complejo Marañón el más antiguo y corresponde al Precámbrico. El territorio Cajamarquino, presenta muchas características litoestratigráficas, donde el Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior es el más notorio, presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat y presentan fracturas. Las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Yumagual, Pulluicana, Quilquiñán, y Cajamarca (Cretácico inferior - superior) están conformadas por principalmente calizas y lutitas y los depósitos volcánicos paleógenos y neógenos se encuentran constituidos generalmente por flujos piroclásticos y de lava, que corresponden al Grupo Calipuy y al Volcánico Huambos. También presenta depósitos cuaternarios de origen fluvio-glaciar, glaciar, lagunar, eólico, fluvial, coluvial y aluvial. Los de origen aluvial y fluvial se presentan inconsolidados y están conformados por gravas mientras que los depósitos fluvio glaciar, coluvial, lacustre y eólico se encuentran ligeramente consolidados. (Cruzado, 2011)

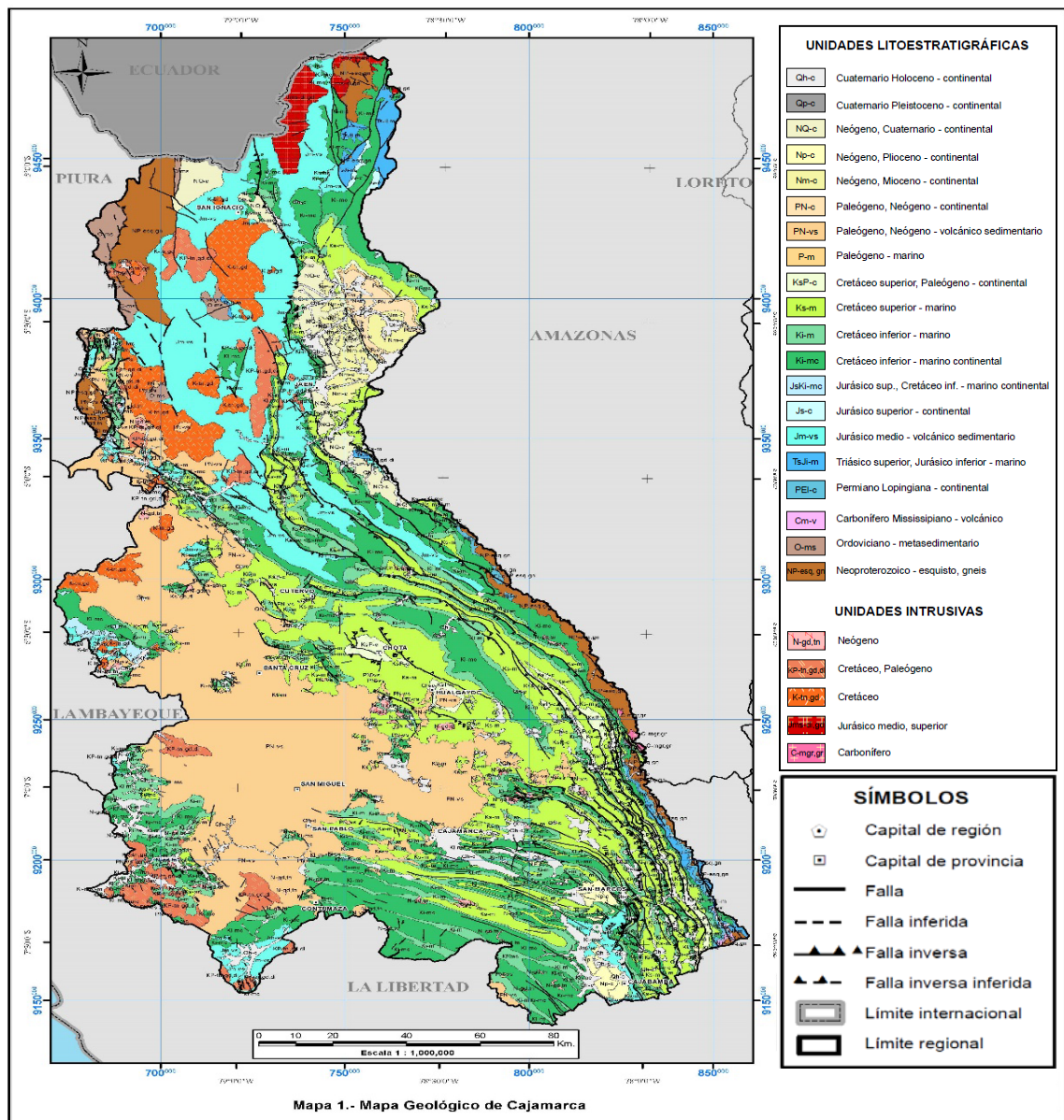


Figura 14. Geología Regional

Fuente: INGEMMET, (2024)

3.4. GEOLOGÍA LOCAL.

3.4.1. Depósitos del Cuaternario

El centro poblado de San Sebastián de Choropampa está ubicado sobre depósitos cuaternarios que han sido erosionados y transportados principalmente por corrientes hídricas que discurren por sobrecarga en las temporadas de lluvias que a su vez están limitando la zona de estudios. Estratigráficamente los depósitos están situados sobre las Formaciones Geológicas, Formación Yumagual, Formación Chulec según la carta geológica 15-f del cuadrángulo de Cajamarca (Reyes, 1980) en la cual se encontró evidencia en los extremos del área de investigación. (Ver Anexo N° 9)

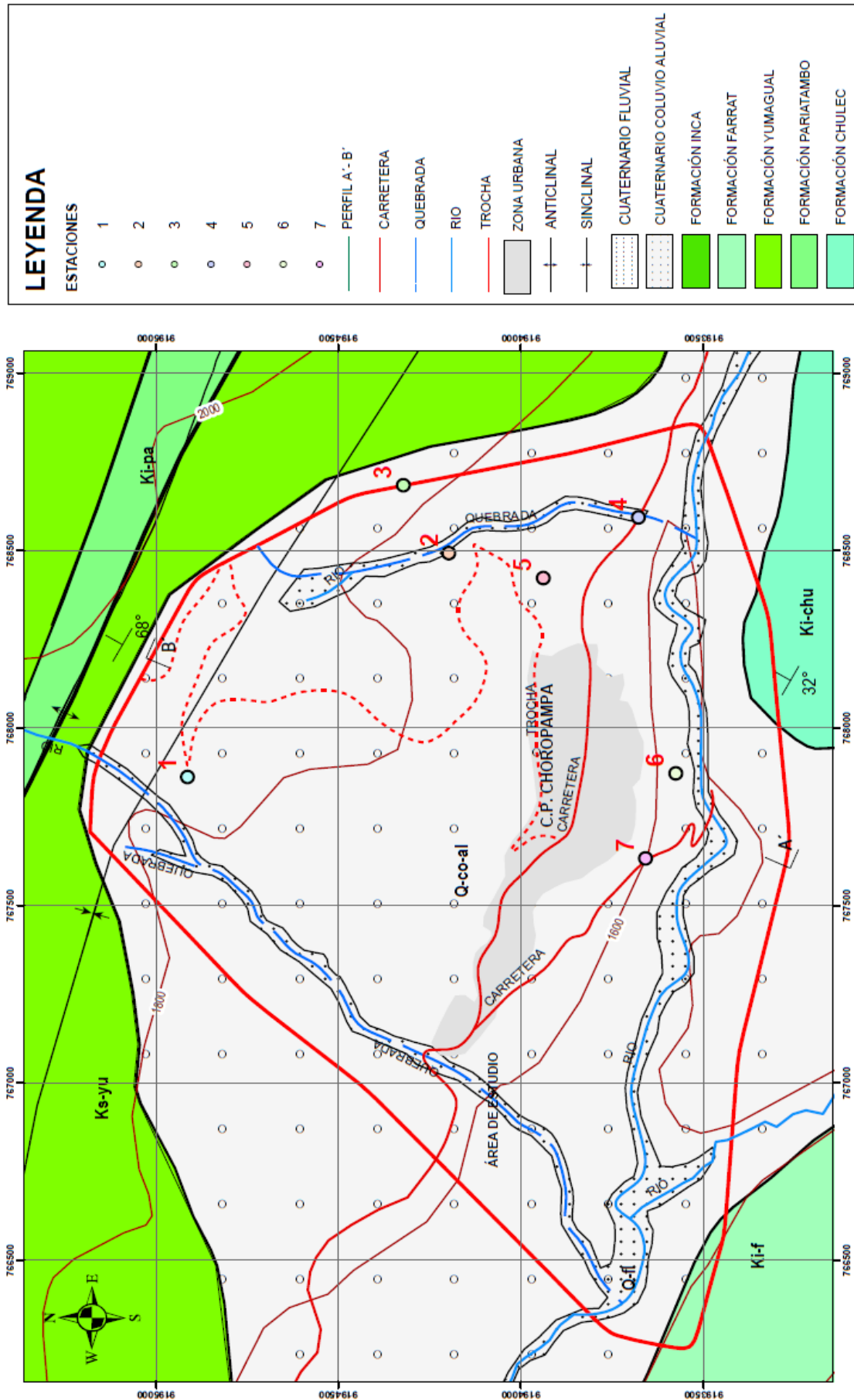


Figura 15. Plano Geológico Estructural

3.4.1.1. Depósito fluvial (Q-fl)

El Centro Poblado de San Sebastián de Choropampa está limitado por tres ríos, que son considerados como principales generadores de las terrazas que se han acumulado en áreas de baja velocidad de las aguas en los flancos del río principal; estos depósitos están compuestos por conglomerados polimícticos poco consolidados, con clastos redondeados de diferente tamaño englobados en una matriz limo arcillosa de color amarillento.



Foto 1. Terrazas formadas en el Río Magdalena, en la parte baja del Centro Poblado Choropampa.

3.4.1.2. Depósitos coluvio-aluvial (Q-co-al)

Estos depósitos son asociados al transporte y depósito de detritos por la acción del agua, tiene matriz limo arcillosa, su resistencia es baja debido a que en la zona hay deslizamiento constante en un talud de la carretera Choropampa – Asunción y en el cauce de los ríos. Por lo que la una de las primeras observaciones hace referenciar que el C. P. San Sebastián de Choropampa está ubicado en un abanico coluvio-aluvial.



Foto 2. Depósito coluvio-aluvial en el corte de carretera Choropampa – Asunción.

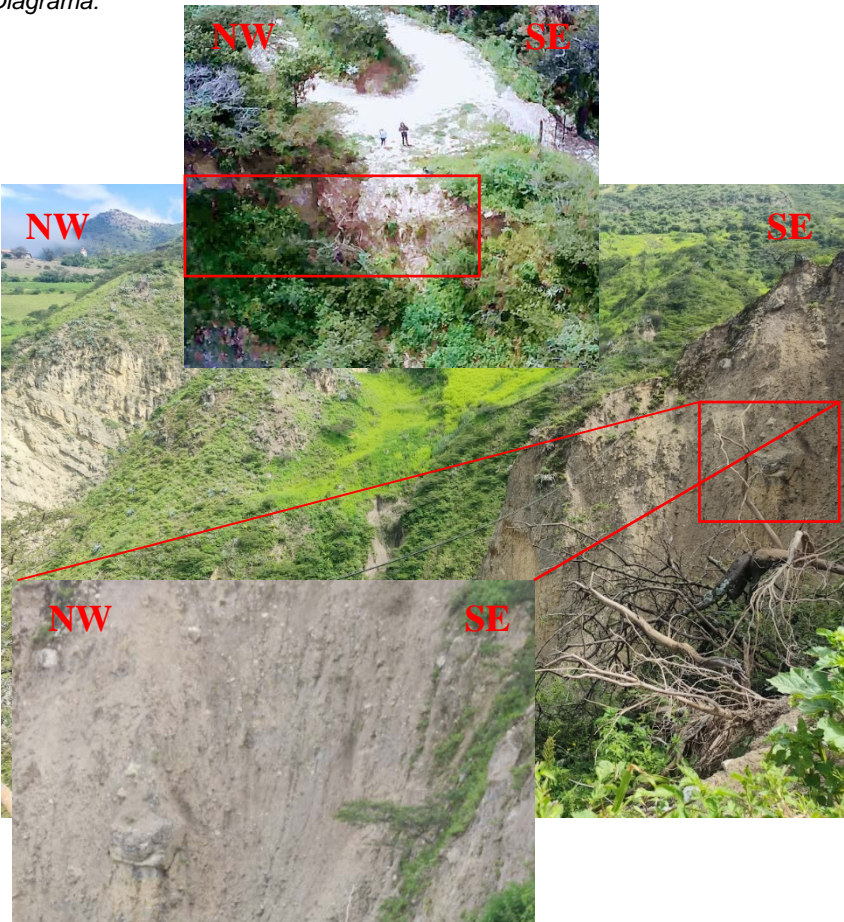
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS


4.1. EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA.

En la actualidad el centro poblado San Sebastián de Choropampa según el reconocimiento en campo de movimientos en masa mediante sus características de movilidad, deformación topográfica y distribución demográfica, se evalúan 7 estaciones con amenazas de muy bajas a muy altas, las cuales necesitan ser atendidas para prevenir desastres o reducir significativamente su peligrosidad. El clima templado, las fuertes lluvias y la acción de los ríos que limitan al centro poblado condicionan directamente la estabilidad de los taludes conformados por depósitos cuaternarios fluvial, coluvio-aluvial de poca consolidación en toda su extensión, estos factores son los desencadenantes de los movimientos en masa.


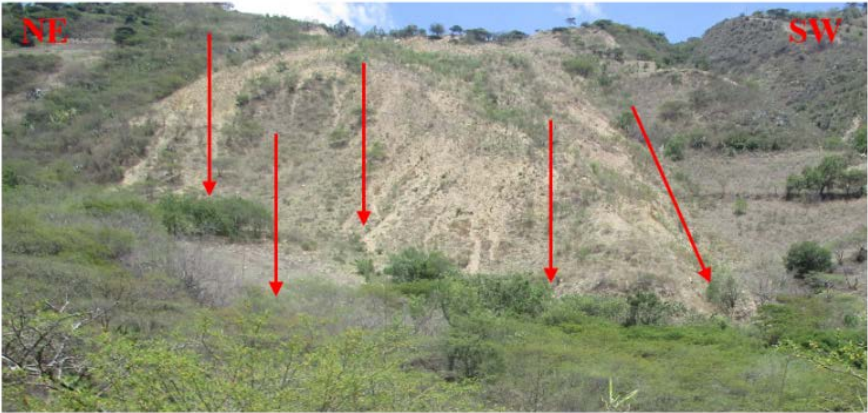
ESTACIÓN N° 01

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
<i>Distrito</i>	MAGDALENA	<i>Provincia</i>	CAJAMARCA	<i>Departamento</i>	CAJAMARCA
<i>Ubicación</i>	Al noroeste del Centro Poblado Choropampa				
<i>N° Estación:</i> 1	<i>Diagrama:</i> 				
<i>Tipo de MM:</i> Socavamiento Caída					
<i>Fecha:</i> 13/01/23					
<i>Estado:</i> Activo por las lluvias					
<i>Coordenadas</i> UTM – Zona – 17M					
<i>Este (m):</i> 767862					
<i>Norte (m):</i> 9194914					
<i>Cota:</i> 1830 m.s.n.m.					
<i>Dimensiones:</i> <i>Largo:</i> 15 m <i>Ancho:</i> 20 m					
<i>Descripción:</i>	<p>La zona presenta un plano de falla semi vertical de material aluvial de gran potencia con marcas de agua, poca vegetación y actividad humana (carretera al caserío Quivinchá)</p> <p>En la parte baja del talud discurre la quebrada Llagaden la que está causando el socavamiento poniendo en riesgo la transpirabilidad en la carretera y ante un posible deslizamiento en masa podría generar una represa natural de agua la que por el aumento de presión de agua y saturación deslizaría todo el material suelto generándose así un huaico.</p>				



ESTACIÓN N° 02

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
Distrito	MAGDALENA	Provincia	CAJAMARCA	Departamento	CAJAMARCA
Ubicación	Al noreste del Centro Poblado Choropampa				
N° Estación:	Diagrama:				
2					
Tipo de MM:					
Socavamiento					
Caída					
Fecha: 13/01/23					
Estado: Activo por corriente de agua y lluvias.					
Coordenadas					
UTM – Zona – 17M					
Este (m): 768493					
Norte (m): 9194197					
Cota: 1790 m.s.n.m.					
Dimensiones:	<p>Quebrada en forma de V profunda con presencia de corriente de agua, predominancia de materiales finos y vegetación con signos de desplazamiento.</p> <p>La corriente de agua está socavando el talud y destruyendo el camino de herradura que se encuentra al margen derecho poniendo en riesgo a los pobladores y sus animales. La acumulación de sedimentos en el fondo y el arrastre del agua podría generar un huaico afectando directamente a la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios.</p>				
Largo: 1.2 km					
Ancho: 30 m					
Descripción:					



ESTACIÓN N° 03

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
Distrito	MAGDALENA	Provincia	CAJAMARCA	Departamento	CAJAMARCA
Ubicación	Al noreste del Centro Poblado Choropampa				
N° Estación:	Diagrama:				
3					
Tipo de MM:					
REPTACIÓN					
Fecha: 13/01/23					
Estado: Activo por lluvias y gravedad					
Coordenadas					
UTM – Zona – 17M					
Este (m): 768684					
Norte (m): 9194322					
Cota: 1801 m.s.n.m.					
Dimensiones:					
Largo: 200 m					
Ancho: 250 m					
Descripción:	<p>Talud con una pendiente aproximada de 65° escasa vegetación favorable para la erosión y el movimiento hacia debajo de detritos en forma de flujos de lodos.</p> <p>Su alta pendiente hace difícil cultivar y pastear, los flujos de lodo se canalizan de manera natural a la quebrada alimentando de material para la generación de un huaico afectando directamente a la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios.</p>				



ESTACIÓN N° 04

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)										
<i>Distrito</i>	MAGDALENA	<i>Provincia</i>	CAJAMARCA	<i>Departamento</i>	CAJAMARCA					
<i>Ubicación</i>	Al sureste del Centro Poblado Choropampa									
<i>N° Estación:</i>	<i>Diagrama:</i>									
4										
<i>Tipo de MM:</i>										
Socavamiento										
<i>Fecha:</i> 13/01/23										
<i>Estado:</i> Activo por corriente de agua y lluvias.										
<i>Coordenadas</i>										
<i>UTM – Zona – 17M</i>										
<i>Este (m):</i> 768594										
<i>Norte (m):</i> 9193677										
<i>Cota:</i> 1667 m.s.n.m.	<p><i>Dimensiones:</i></p> <p><i>Largo:</i> 15 m</p> <p><i>Ancho:</i> 6 m</p>									
<i>Descripción:</i>						<p><i>La constante sobrecarga de la quebrada provoco el colapso del muro de contención y un socavamiento bajo la calzada de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios.</i></p> <p><i>Se general una condición insegura en el tránsito de vehículos pesados.</i></p>				



ESTACIÓN N° 05

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
<i>Distrito</i>	MAGDALENA	<i>Provincia</i>	CAJAMARCA	<i>Departamento</i>	CAJAMARCA
<i>Ubicación</i>	Al este del Centro Poblado Choropampa				
<i>N° Estación:</i>	<i>Diagrama:</i>				
5					
<i>Tipo de MM:</i>					
Rotacional					
<i>Fecha:</i> 28/03/23					
<i>Estado:</i> Inactivo					
<i>Coordenadas</i>					
<i>UTM – Zona – 17M</i>					
<i>Este (m):</i> 768423					
<i>Norte (m):</i> 9193938					
<i>Cota:</i> 1717 m.s.n.m.					
<i>Dimensiones:</i>					
<i>Largo:</i> 340 m					
<i>Ancho:</i> 230 m					
<i>Descripción:</i>	<p>En la zona se evidencia un escarpe de 2 m que se extiende por toda la circunferencia y en la parte más baja en el corte con la quebrada se evidencia una discordancia angular en la secuencia de deposición confirmando que se trata de un plano de falla rotacional.</p> <p>Si bien no hay indicadores de un movimiento reciente, se debe realizar un monitoreo constante en las épocas de lluvias.</p>				

ESTACIÓN N° 06

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
Distrito	MAGDALENA	Provincia	CAJAMARCA	Departamento	CAJAMARCA
Ubicación	Al sur del Centro Poblado Choropampa				
N° Estación:	<i>Diagrama:</i>				
6					
Tipo de MM:					
Rotacional, reptación y socavamiento					
Fecha: 28/03/23					
Estado: Activo por corriente de agua, lluvias y gravedad					
Coordenadas					
UTM – Zona – 17M					
Este (m): 767872					
Norte (m): 9193575					
Cota: 1605 m.s.n.m.					
Dimensiones:					
Largo: 380 m					
Ancho: 30 m					
Descripción:	<p>En la zona se evidencia el socavamiento en la parte baja que está generando las corrientes de agua del río Magdalena, este socavamiento a su vez está generando movimiento rotacional en un sector y reptación en la cresta del talud.</p> <p>Una casa antigua evidencia el avance del movimiento hacia abajo del suelo de manera gradual y progresiva, este es un peligro eminente para los habitantes puesto que en cualquier momento podría colapsar toda esta construcción.</p>				

ESTACIÓN N° 07

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA MOVIMIENTOS EN MASA (MM)					
Distrito	MAGDALENA	Provincia	CAJAMARCA	Departamento	CAJAMARCA
Ubicación	Al suroeste del Centro Poblado Choropampa				
N° Estación:	Diagrama:				
7					
Tipo de MM:					
Socavamiento y caídas					
Fecha: 28/03/23					
Estado: Activo por lluvias, vientos y gravedad					
Coordenadas					
UTM – Zona – 17M					
Este (m): 767633					
Norte (m): 9193658					
Cota: 1615 m.s.n.m.					
Dimensiones:					
Largo: 150 m					
Ancho: 10 m					
Descripción:	<p>En la zona se evidencia el pie del talud el cual se a generado por flujo de detritos, caída por gravedad y acción del viento, al ser un talud de una pendiente de 75° aproximados y carecer de vegetación hacen que la erosión sea alta.</p> <p>En épocas de lluvia la sobre saturación del material que conforma este talud hace que se deslice hacia la carretera principal del distrito Asunción bloqueando el pase de manera total.</p>				

4.2. LITOLOGÍA EN QUE SE GENERAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Litológicamente el C.P. San Sebastián de Choropampa está en su totalidad sobre un cono de depositación aluvial (20%), fluvial (25%), coluvial (15%) y la combinación de estos (40%), debido a que el Centro Poblado está ubicado en la parte baja de una secuencia de montañas, en la margen derecha del río Magdalena, en los laterales por dos quebradas que son aportantes al río Magdalena y en épocas de lluvia su capacidad para meteorizar aumenta; y al estar limitado por estos 3 afluentes geomorfológicamente se puede denominar un cono de deyección (Ver Anexo N° 9).

4.3. FACTORES GEODINÁMICOS QUE GENERAN LOS MOVIMIENTOS EN MASA

4.3.1. Geodinámica Externa

4.3.1.1. Acción geológica de los ríos.

En los cursos fluviales típicos se distinguen tres zonas: curso alto, curso medio y curso bajo, en el C. P. San Sebastián de Choropampa se evidencian dos zonas: curso alto y curso medio.

- a) **Curso Alto:** En la zona más elevada de los ríos Choropampa y Llagaden predominan los fenómenos erosivos, excavando su cauce en forma de **V** cerrada, según la litología de los materiales.



Foto 3. Cauce del río en forma de "V". (quebrada Choropampa)

- b) **Curso Medio:** El Río Magdalena transporta los materiales arrancados en el curso alto y son depositados en el curso medio-bajo donde comienza los fenómenos de sedimentación. El valle tiene forma de **V** abierta (artesa fluvial).



Foto 4. Valle en forma de “V” abierta. (Río Magdalena, puente que une al C.P. Choropampa y el distrito la Asunción)

4.3.1.2. Acción geológica de la gravedad.

La fuerza de la gravedad hace posible el proceso de reptación; se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno ladera abajo en donde no se distingue una superficie de falla, además está asociada a cambios climáticos o de humedad del terreno que puede generar un desplazamiento (reptación) continuo en el tiempo.

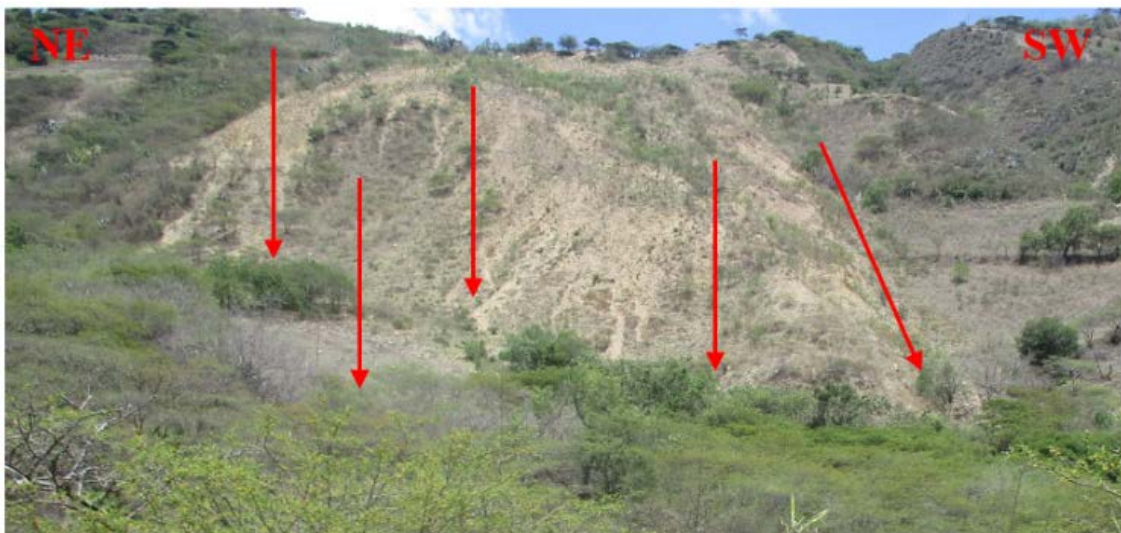


Foto 5. Reptación y movimiento lento de detritos ladera abajo por acción de la gravedad. (Al Noreste del C.P. Choropampa)

4.3.1.3. Acción geológica del Viento, abrasión.

El viento es un agente de erosión y su acción es frecuente en zonas de climas áridos, semiáridos y desérticos. Cuando el viento arrastra arena y polvo contra las rocas o suelo es capaz de desgastarlas por el roce y choque de las partículas generando inestabilidad y caída de las partes más débiles del macizo rocoso, en el talud de la carretera que une al C.P. San Sebastián de Choropampa con la Asunción.



Foto 6. En el km. 1+050 Dirección del viento (verde), caída de partículas a la carretera C.P. San Sebastián de Choropampa a la Asunción (rojo).

4.3.1.4. Acción geológica de las aguas superficiales, lluvias.

El agua de las lluvias impulsada por la fuerza del viento modifica la estructura y composición de los taludes expuestos y que carecen de vegetación, al variar el contenido de humedad en los depósitos cuaternarios (arenas, limos y arcillas) se generan movimientos de lodo que van acorde con la magnitud de talud o pendiente, generando inestabilidad en los fragmentos más grandes de roca. Este movimiento se evidencia en los taludes del río Llagaden y carretera que va a la Asunción km.1+100 (Ver Anexos N° 1 y 2)

4.3.2. Precipitaciones

Definida como la variable detonante en los movimientos en masa debido al gran impacto físico y químico que causa al registrarse tiempos prolongados de lluvias. Para comprender los efectos de las lluvias se obtuvo la data de precipitaciones entre el año 2017 y 2023 de la Estación meteorológica Magdalena (cota: 1307 msnm), siendo esta más cercana a la zona de investigación a 9 km aproximadamente como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Data de Precipitaciones entre los años 2017 y 2023 de la Estación Meteorológica Magdalena

ESTACIÓN METEREOLÓGICA MAGDALENA 2017 - MAYO 2023													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL ANUAL
2017	66.9	65.3	264.9	55.7	10	0	0	3.3	2.4	31.7	7.8	42.5	550.5
2018	51.8	91.4	95.9	43.1	41.6	4.1	0	0	2.8	24.5	41.1	65.8	462.1
2019	23.4	182.5	126.3	50.3	10	0.2	1.4	0	0.6	31.7	13	99.8	539.2
2020	17.2	24.8	41.5	50.5	10.8	0	2.7	0	6.3	7.2	7.5	78.3	246.8
2021	91	30.2	135.7	47.1	13.1	0	0	6.8	1.5	78.3	23	31.2	457.9
2022	44.7	70.9	97.5	62.8	13	2.4	0.4	2.6	17.4	8.7	1	48.9	370.3
2023	105.7	82.1	111.7	80.5	22.3								402.3
TOTAL MES	400.7	547.2	873.5	390	120.8	6.7	4.5	12.7	31	182.1	93.4	366.5	
TOTAL TRIMESTRAL	1821.4			517.5			48.2			642			

Fuente: SENAMHI, (2023)

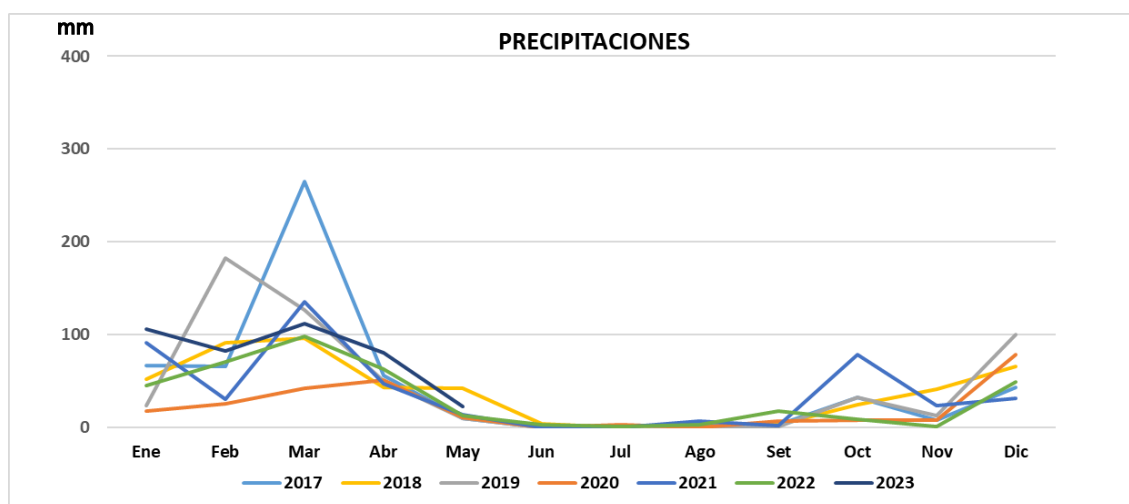


Figura 16. Gráfica de precipitación acumulada en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena, entre los años 2017 al 2023, expresadas en valores mensuales.

En la gráfica podemos observar que los meses de mayor precipitación son los correspondientes al primer trimestre (enero, febrero y marzo) descendiendo en los siguientes 2 trimestres hasta épocas de estiaje (precipitación 0) y para luego ir ascendiendo progresivamente en el siguiente trimestre hasta completar nuevamente el ciclo anual. Esta

hoy información es trascendental ya que en los meses de octubre a marzo debido a las altas precipitaciones se debe llevar a un monitoreo constante de las zonas críticas.

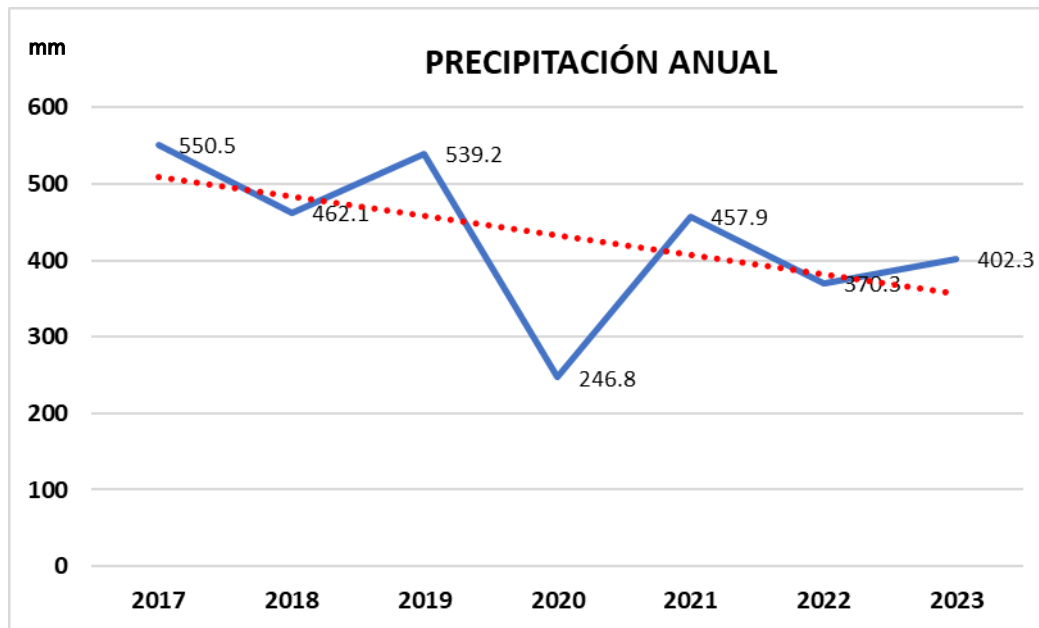


Figura 17. Gráfica de Precipitación anual en el centro poblado San Sebastián de Choropampa – Magdalena, del año 2017 al 2023.

En estos años analizados podemos notar una oscilación año tras año, el cual nos permite determinar una tendencia a la baja (línea roja), relativa para adelantar una aproximación de precipitación en los años siguientes, esperando que los años siguientes haya una baja en las precipitaciones. En el año 2020 se refleja el valor más bajo de precipitación y siendo el más alto en el año 2017 hasta la fecha.

4.3.3. Pendiente de los taludes.

El Centro Poblado tiene un desnivel total aproximado de 320 metros desde su parte más baja (Río Magdalena) hasta la cúspide, con una inclinación promedio del 20% (baja pendiente), ver Anexo N° 08; y una inclinación mayor al 50 % en zonas específicas según Tabla 10, específicamente en los cortes de la carretera a la Asunción hay pendientes alrededor de 75° y en las márgenes de las quebradas colindante a la carretera hacia la hacienda Llagaden hay pendientes muy altas que llegan a 85° combinado con el socavamiento del agua estas van aumentando.

Tabla 10. Clasificación de pendientes

Clasificación	Pendiente (Angulo de inclinación)
Muy baja	0 a 5 % (0 a 8.5 grados)
Baja	15 a 30% (8.5 a 16.6 grados)
Mediana	30 a 50 % (16.7 a 26.6 grados)
Alta	50 a 100% (26.6 a 45 grados)
Muy Alta	Más del 100% (más de 45 grados)

Fuente: Suárez, (2009)

4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.

En el centro poblado se identificaron 4 tipos de movimientos en masa de un total de 12; socavamiento en las márgenes de las quebradas que representa el 41 % del total, caída en los cortes de carretera y ribera de las quebradas el 25% del total, movimiento rotacional en la ribera del río el 17% y reptación en taludes de pendiente moderada el 17%.

Tabla 11. Cuadro resumen de clasificación de movimientos

CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS								
ESTACIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO	L (m)	H (m)	AREA m ²	AREA Ha ²	NORTE	ESTE	COTA
1	SOCAVAMIENTO	15	20	300	0.03	9194914	767862	1830
	CAIDA							
2	SOCAVAMIENTO	1200	30	36000	3.6	9194197	768493	1790
	CAIDA							
3	REPTACION	200	250	50000	5	9194322	768684	1801
4	SOCAVAMIENTO	15	6	90	0.009	9193677	768594	1667
5	ROTACIONAL	340	230	78200	7.82	9193938	768423	1717
6	ROTACIONAL	380	30	11400	1.14	9193575	767872	1605
	REPTACION							
	SOCAVAMIENTO							
7	CAIDA	150	10	1500	0.15	9193658	767633	1615
	SOCAVAMIENTO							
		TOTAL		177490	17.749			

TIPO DE MM	CANTIDAD DE MM	PORCENTAJE
Socavamiento	5	41%
Caída	3	25%
Rotacional	2	17%
Reptaciones	2	17%
TOTAL, MM	12	100%

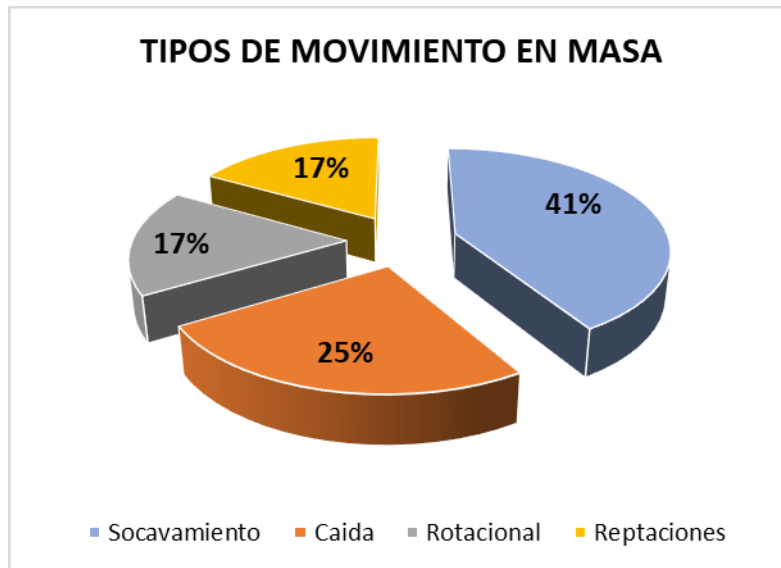


Figura 18. Gráfica de los tipos de movimientos de masa identificados en el lugar de estudio.

4.4.1. Socavamiento

Este tipo de movimiento en masa se identifica en las estaciones 1, 2, 4, 6 y 7. Este se genera por la acción del flujo de agua de un río o construcciones mal emplazadas en la parte inferior de un talud o ladera, el cual va removiendo el material y genera inestabilidad en todo el talud, empezando a deslizarse progresivamente. (Ver Anexos N°3 Y 4).



Foto 7. Socavamiento identificado en la carretera al caserío Quivinchan, parte alta del C.P Choropampa, el cual pone en riesgo la transitividad en la carretera.

4.4.2. Caída

Este tipo de movimiento en masa se identifica en las estaciones 1, 2 y 7. Una vez desprendido, el material se desplaza hacia abajo efectuando golpes, rebotes y rodamiento el

cual puede ocasionar daños materiales, personales y a los animales que transitan diariamente por esta vía.



Foto 8. Caída de Rocas identificado en el flanco derecho de la quebrada Llagaden, se observan bloques de roca (rojo) a punto de caer por el talud, debido a la alta pendiente.

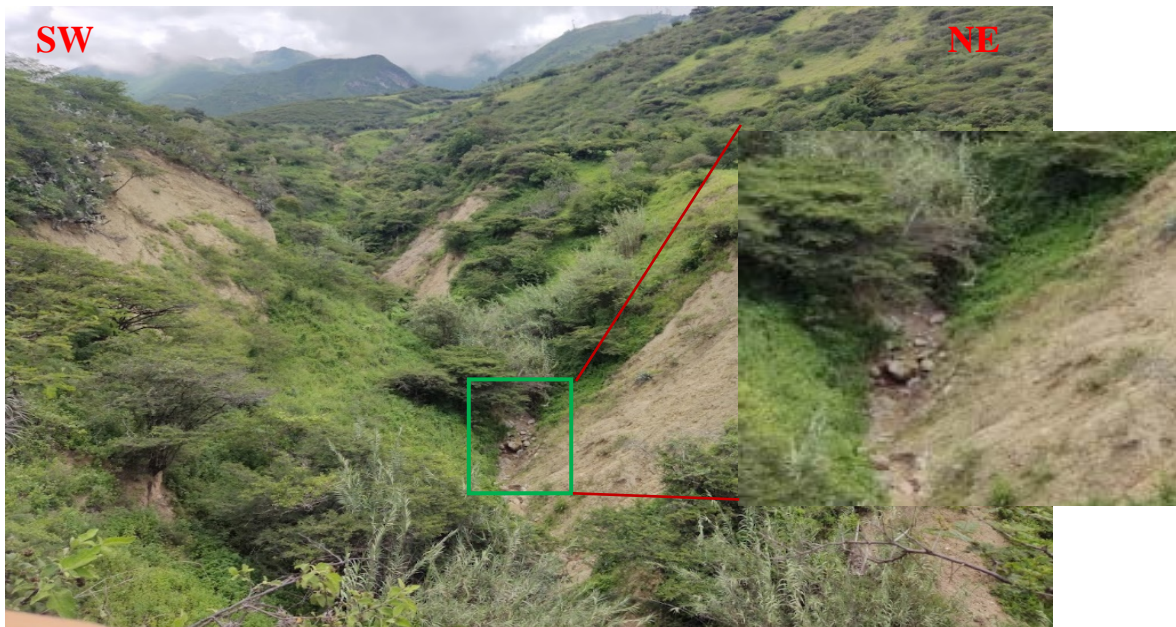


Foto 9. Fragmentos de roca en el curso de la quebrada (verde) y bloques a punto de caer por el talud debido a la alta pendiente que presenta.



Foto 10. En el km. 1+100 de la carretera que une al C.P. Choropampa con la Asunción, parte baja del C.P. Choropampa, varios bloques de suelo y roca se están desprendiendo del talud.

4.4.3. Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

Este tipo de movimiento en masa se identifica en las estaciones 5 y 6 al ingreso de la zona urbana del centro poblado. Este se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contra pendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La imagen satelital (figura 18) parece mostrar el escarpe del deslizamiento y con la visita a campo podemos corroborar que se trata de un deslizamiento rotacional (foto 11 y 12) y (Anexos N°5 y 6)



Figura 19. Imagen satelital, en donde muestra un deslizamiento rotacional a la entrada del centro poblado.

Fuente: Google Earth (2023)



Foto 11. A) Escarpe en la cresta del deslizamiento de aproximadamente 2 metros.

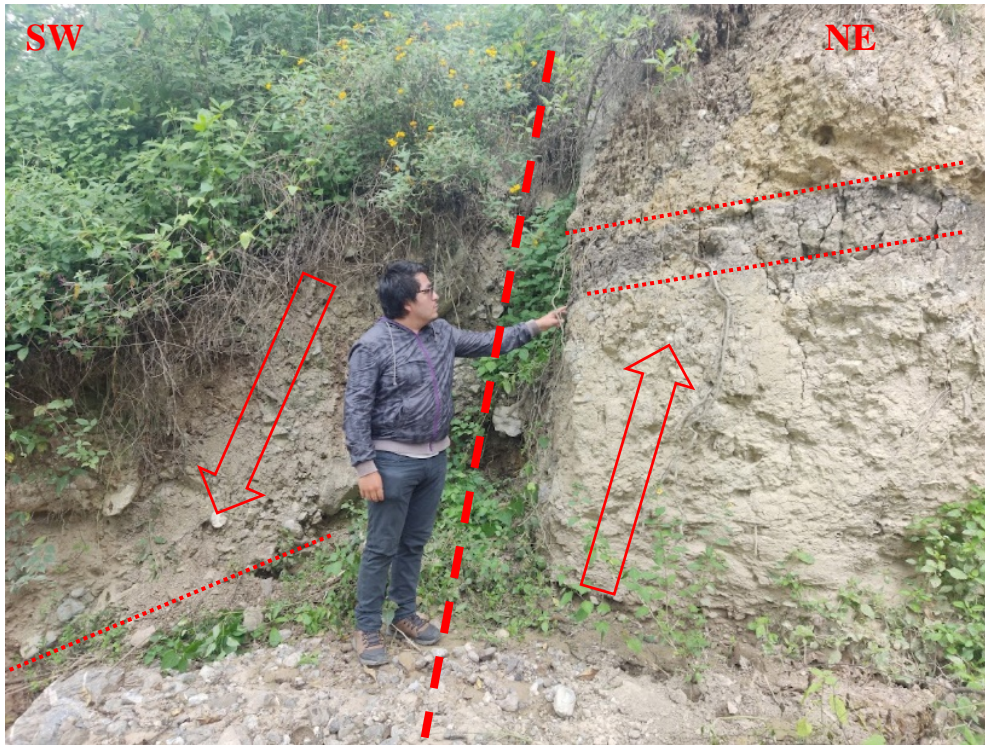


Foto 12. **B)** Evidencia del plano de falla del deslizamiento rotacional en la quebrada Choropampa.

4.4.4. Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo, estos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales de suelo de baja cohesión y consolidación, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo, debido a la baja consistencia del terreno y la carencia vegetación hacen vulnerable a la ladera (foto 13).

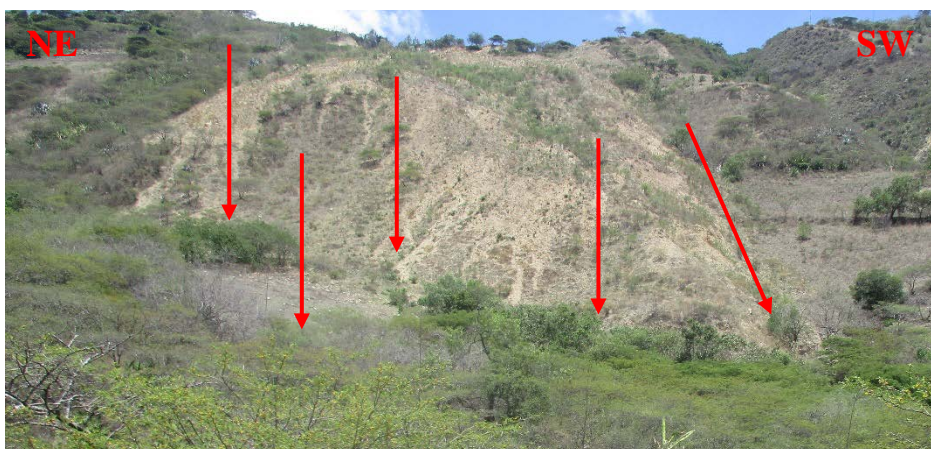


Foto 13. Lento movimiento de material ladera abajo debido a la escasa vegetación y poca consolidación del suelo, al Noreste del C.P. Choropampa.

4.4.5. Flujo detrítico

La zona de estudio es en general un depósito de flujo detrítico el cual se originó por la discurrencia de los ríos que lo rodean a través de miles de millones de años, este flujo es muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada, el cual se ha depositado en una depresión geológica. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes, siendo de evidencia las distintas capas que se muestran en la parte alta, (figura 20). Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos de variadas dimensiones (Ver Anexo N°10).



Figura 20. Dirección del principal flujo detrítico.

Fuente: Google Earth, (2024)

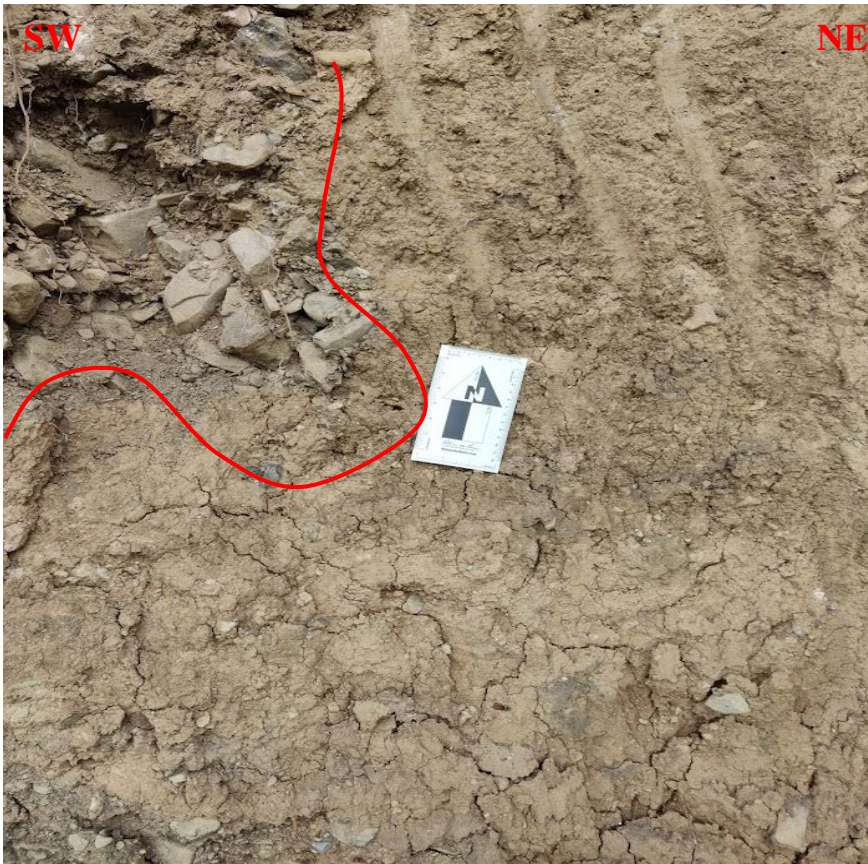


Foto 14. **A)** Parte alta del C.P. Choropampa, Se observa dentro del flujo de detritos, el inicio de la turbulencia, es decir pequeños bloques de roca intercalado con material finos.



Foto 15. **B)** Parte baja del C.P. Choropampa, se logra evidenciar la acumulación de bloques, correspondiente al esquema típico de un flujo de detritos.

4.5. MAPA DE SUSCEPTIBILIDADES.

El mapa que está a escala 1: 10 000 ha sido sectorizado según las categorías de estabilidad de laderas y amenaza relativa por movimientos en masa (Ver Anexo 11), el cual según sean las condiciones de la estabilidad del terreno se divide en seis categorías.

Tabla 12. Estabilidad de laderas y amenazas relativas por movimientos en masa

Categoría de estabilidad		Amenaza Relativa por Frecuencia de Ocurrencia de Movimientos en Masa	Condición de Estabilidad del Terreno
	I	Muy Baja	Zonas relativamente estables donde no se observan procesos de inestabilidad recientes y donde predominan las áreas de baja pendiente. Corresponde a la zona aproximadamente plana de los Llanos Orientales. Se debe tener especial cuidado con las zonas adyacentes a los ríos y quebradas, donde por efecto de socavación lateral se pueden llegar a inestabilizar las laderas adyacentes.
	II	Baja	Zonas relativamente estables en donde no se observan procesos denudacionales severos, pero su estabilidad depende del manejo que se les dé a las mismas y de la estabilidad de las laderas adyacentes. Corresponden en general a los lomos de las divisorias de aguas con pendientes bajas a moderadas. En esta zona se requiere tener mucha precaución con el manejo de aguas superficiales, las excavaciones, los rellenos y el control de los procesos de inestabilidad y focos erosivos que se puedan generar en las laderas adyacentes.
	III	Media	Zonas de estabilidad marginal susceptibles a procesos denudacionales por el mal manejo del terreno y de las aguas superficiales. En caso de lluvias extraordinarias o efectos sísmicos superficiales fuertes, en ellas podrían generarse deslizamientos que eventualmente afectarían áreas mayores. El mantenimiento o construcción de cualquier estructura dentro de estas zonas requiere el diseño detallado de medidas preventivas, correctivas o del control de deslizamientos.
	IV	Alta	Zonas inestables afectadas por procesos denudativos como carcavamiento profundo en caños y quebradas, en donde es común encontrar cicatrices de antiguos deslizamientos. El mal manejo de aguas superficiales y en general del suelo pueden acelerar la profundización y extensión de las cárcavas y deslizamientos. La construcción y el mantenimiento de obras requieren el diseño detallado de medidas preventivas, correctivas o de control de deslizamientos y resultan costosas.
	V	Muy Alta	Zonas muy inestables, afectadas por procesos de inestabilidad activos que involucran al macizo rocoso y que abarcan gran extensión. En algunas zonas corresponden a sectores con frecuentes procesos erosivos de tipo carcavamiento extenso y profundo. Debido a las altas pendientes y susceptibilidad la falla de los terrenos de estas zonas, garantizar la estabilidad por medio de cualquier obra es bastante difícil y requiere de medidas especiales y muy costosas para lograr estabilizar las zonas críticas
	Morfología plana y ligeramente inclinada correspondiente a los lechos actuales de los ríos y quebradas. Incluye Vegas y barras torrenciales estas zonas se inundan con las crecientes torrenciales interanuales. Conos de deyección en procesos de formación cuyas pendientes son suaves o moderadas. Las zonas atravesadas por las corrientes que forman están expuestas a socavación y desprendimientos. Zonas de rondas de Cañadas.		

FUENTE: GEMMA, (2007)

Tabla 13. Distribución de las zonas según su categoría de estabilidad.

CATEGORIZACIÓN DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA					
ESTACIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO	ÁREA Ha	ESTADO	CATEGORÍA DE ESTABILIDAD	
1	SOCAVAMIENTO	0.03	ACTIVO	ALTA	
	CAÍDA				
2	SOCAVAMIENTO	3,6	ACTIVO	ALTA	
	CAÍDA				
3	REPTACIÓN	5,0	ACTIVO	BAJA	
4	SOCAVAMIENTO	0.009	ACTIVO	ALTA	
5	ROTACIONAL	7.82	INACTIVO	MUY ALTO	
6	ROTACIONAL	1.14	ACTIVO	MUY ALTO	
	REPTACIÓN				
	SOCAVAMIENTO				
7	CAÍDA	0.15	ACTIVO	ALTO	
	SOCAVAMIENTO				

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La realización de este estudio en una escala local permite delimitar y marcar las zonas propensas a movimientos en masa dentro de una localidad, la identificación de los movimientos en masa son de vital importancia para poder desarrollar planes de control o contingencia cuando se activen estos movimientos para prevenir y evitar pérdidas humanas o económicas, el centro poblado Choropampa al estar ubicado en la carretera principal de conexión de la ciudad de Cajamarca y Ciudad de Dios es una zona de alto tránsito y cuando hay precipitaciones prolongadas se restringe el tránsito vehicular causando malestar en la población. Po esta razón es de importante aplicar controles inmediatos para prevenir estos incidentes que con el paso del tiempo van aumentando. En la entrada del centro poblado Choropampa se pudo identificar un movimiento rotacional complejo el cual presenta evidencia de un movimiento antiguo (escarpe de 2 m), la activación de este movimiento generará una significativa pérdida económica comprometiendo una cantidad considerable de la carretera principal (400 m).

4.7. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

El Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena presenta amenazas por deslizamientos debido a los factores condicionantes naturales tales como, las lluvias, corrientes de agua, viento, gravedad y antrópicos como la construcción de carreteras sin un control adecuado para que esta pueda perdurar en el tiempo, la carencia de vegetación (deforestación) que servía como capa soportante en diferentes unidades geológicas (depósitos cuaternarios fluvial y coluvio – aluvial en su totalidad), tipos de suelos (generalmente suelos con mala gradación que va desde limos, arcillas, arenas, gravas, cantos), pendientes (de altas a muy altas) y litología (la Formación Yumagual que está en la base de los depósitos). Estos y demás factores internos son favorables para la generación y activación de los movimientos en masa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se evaluó 12 tipos de movimientos en masa en 7 estaciones (áreas) que fueron definidas previo análisis e interpretación de las imágenes satelitales, de los cuales se clasifican en 4 tipos de movimientos en masa.

La litología predominante son depósitos cuaternarios fluvial y coluvio – aluviales, geomorfológicamente se puede determinar como un cono de deyección, el cual está compuesto por materiales poco consolidados y polimícticos que han sido arrastrados de las partes altas por acción del agua, viento y gravedad, también existe una pequeña capa de suelo orgánico (hasta 1 m. de espesor) que es utilizado para la agricultura.

Los movimientos en masa identificados de un total de 12 fueron reptación (17%), rotacional (17%) siendo los más comunes son el socavamiento (41%) y caída de suelo o roca (25%) debido a la poca consolidación de los materiales y que lo hace fácil de erosionar y movilizar por el agua, viento o la combinación de ambos.

Los agentes geodinámicos condicionantes son las pendientes de los taludes que son generalmente altas a muy altas en zonas específicas debido a la interacción del hombre, la acción de las aguas esorrentía que van a discurrir por las quebradas (Choropampa, Llagaden, río Magdalena) en la época de lluvias son el principal agente natural condicionante y modelador de las pendientes.

En el plano de susceptibilidades a escala local 1/10 000, es posible delimitar y categorizar cada uno de los movimientos en masa existentes en el centro poblado San Sebastián de Choropampa.

5.2. RECOMENDACIONES

A las autoridades locales del centro poblado Choropampa y caserío Magdalena:

- Adoptar medidas de mitigación inmediatas, debido que la zona de investigación presenta zonas altamente inestables lo cual pueden generar deslizamientos causando accidentes y problemas con la seguridad vial.
- Realizar una descolmatación de las quebradas en la parte alta para que en la época de lluvias no genere grandes deslizamientos comprometiendo la integridad de los pobladores aguas abajo.
- Colocar señalización en la zona de caída de rocas o zonas de derrumbes para prevenir que las personas se acerquen demasiado a los acantilados de las quebradas.
- Realizar un estudio detallado de los movimientos rotacionales complejos en coordinación con la concesionaria CONVIAL SIERRA NORTE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, E. R. (2016). Evaluación geotécnica del deslizamiento el naranjo en Cajamarca. Cajamarca.
- Beltran, L. C. (2019). Elaboración de un inventario de movimientos en masa mediante técnicas geomáticas en el Municipio de Villeta Cundinamarca”,. Bogota2019.
- Blanco, F. (2013). Evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa en la zona central de la cuenca del río Mantaro - Región Junín. Lima.
- Braja, M. D. (2002). Principios de ingeniería de cimentaciones. Mexico: International Thomson.
- Cardona, A., & Omar Darío. (1991). Medidas estructurales para la mitigación del riesgo.
- Castellanos, A., & Carrillo. (2003). Los desastres y fundamentos de la protección contra los mismos. En gerencia de desastres en Cuba.
- Conforth, D. H. (2005). Landslides In Practice: Investigation, Analysis, and Remedial/ Preventative Options in Soils. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Crozier, J. (1984). Field assessment of slope instability. En: Slope Instability. Victoria: Edited by Brunsten and D.B. Prior.
- Crozier, M. (1999). Prediction of rainfall-triggering landslides: a test of the antecedent water status model. Earth surface processes and landforms.
- Cruden, D. (1991). A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International.
- Cruden, D., & Varnes, J. (1996). Landslides types and processes. Washington: U.S. National Academy of Sciences.
- Cruzado, V. G. (2011). Estudio de Geología. Cajamarca.
- Cruzado, V. G. (2015). Identificación y Analisis de Factores Condicionantes Naturales y Antropicos para los procesos de Remoción de Masas de Rocas y Suelis en el Sector Lucmacuho, Distrito de Cajamarca. Trujillo.
- Davila, J. (2011). Diccionario Geológico. Perú: INGEMMET.
- Earth, G. (2023).
- Evans, S., & Hungr, O. (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes. Canadian: Geotechnical Journal.
- Evet et al. (2007). Soils and Foundations. Prentice Hall.
- Ferrer, M. (1984). Mecanismos de rotura de taludes mineros y análisis de su estabilidad. Tesina.
- GEMMA. (2007). Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas. INGEMMET.

- Gilverto, C. V. (2015). Identificación y Análisis de Factores Condicionantes Naturales y Antropicos para los procesos de Remoción de Masas de Rocas y Suelis en el Sector Lucmacuho, Distrito de Cajamarca. Trujillo.
- Glade, T., & Crozier, M. (2005). Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach. New York: John Wiley: John Wiley.
- González de Vallejo, L. (2004). Ingeniería Geológica. España: Pearson's education.
- González de Vallejo et al. (2009). Ingeniería Geológica. Madrid: Prentice Hall Pearson Educación,.
- González de Vallejo, L. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid-España: PEARSON.
- Hartlen, & Viberg. (1996). Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa.
- Hoyos, F. (2012). Geotecnia diccionario básico. Medellín: 1st ed.
- Hungr et al. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type. Environ Eng Geosci VII.
- Hungr, O. (1981). Dynamics of rock avalanches and other types of slope movements. University of Alberta: Ph.D. Thesis.
- Hungr, O. (2005). Debris flow Hazards and Related Phenomena. Springer Verlag.
- Hungr, O., & Evans, S. (2004). The occurrence and classification of massive rock slope failure. Felsbau.
- Hutchinson, N. (1988). Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Holland.
- INGEMMET. (2005). Amenazas geológicas en las Cuencas Tingo y Hualanga. Lima.
- INGEOMINAS. (2000). Guía Metodológica. Evaluación de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa. Colombia: 1º edición.
- INGEOMINAS. (2001). Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia, escala 1:1.500.000". Bogotá.
- Jiménez. (2005). Análisis de la Susceptibilidad a los Movimientos de ladera mediante un SIG en la Cuenca Vertiente al Embalse de Rules, Granada. España.
- Lazaro, M. R. (2015). Análisis de peligros y vulnerabilidades para la gestión del riesgo de desastres, utilizando el sistema de información geográfica (SIG) en la localidad de Acopampa - Carhuaz, Ancash. Huaraz.
- Mora, S., & Vahrson, G. (1993). Mitigación de Georriesgos en Centroamérica. Costa Rica.
- Mujica, S., & Pacheco, H. (2013). Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. Venezuela.

- Ocampo, L. (2011). Ocurrencia de aluviones en la subcuenca del Río Shullcas durante el cuaternario y su relación con los retrocesos de los glaciares de la cordillera Huaytapallana, Región Junín. Perú. Cajamarca.
- Parkhurst, S. (2000). Risk assessment and quantification of slope conditions based upon site inspection surveys. Cardiff: 8th International Symposium on Landslides.
- Quispe, J. (2011). Estudio Geológico y análisis del peligro y riesgo geológico en Pícol San Jerónimo Cusco. Cusco.
- Reyes, L. (1980). Boletín N° 31, Cuadrángulo de Cajamarca - San Marcos - Cajabamba. Lima- Perú.
- Richards, G. (1985). Geotechnical aspects of Residual Soils". Southeast Asian Geotechnical Society, Scorpion Press. Hong Kong.
- Sanchez M. A. Y. (2014). Zonificación de susceptibilidad ante los movimientos en masas en la cuenca de la quebrada La Culebra, en el municipio Guanta, estado Anzoátegui. Caracas.
- SENAMHI. (Junio de 2023). Mapa Estaciones. Obtenido de https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000392
- Smith, J. (2001). Spending on safety nets for the poor: how much, for how many? The case of Malawi. African Region Working Paper Series.
- Suárez, J. (2009). Análisis Geotécnico. Colombia: División de Publicaciones UIS.
- Suárez, J. (2009). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas Tropicales. Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- Supo, J. (2015). Como Empezar Una Tesis. Perú: BIOESTADISTICO EIRL.
- Varnes, J. (1978). Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis and Control. Special Report N°176: Washington.
- Varnes, J. (1984). Landslide Hazard Zonation: A review of principles and practice. UNESCO: Natural Hazards 3.
- Villacorta, Fidel, & Zavala. (2012). Inventario de peligros geológicos en Perú y el Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú escala 1:1000000. Cajamarca - Perú: INGEMMET.
- Villacorta, S., Llorente, M., Lain, L., Fidel, L., Machare, J., & Carlotto, V. (2007). Análisis de la Susceptibilidad por Movimientos de Ladera en la Cuenca del Río Llamínchan, (Cajamarca-Perú. Cajamarca.
- Villón, M. (2002). Hidrología. Lima - Perú: Editorial Diamante.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación. Bogotá.

Weather Spark. (2022). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19987/Clima-promedio-en-Choropampa-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Zuidam, A. R. (1986). Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. The Hague: International Institute for Aerospace Survey and Earth Science.

ANEXOS

ANEXO N° 1: Acción Geológica de Aguas Superficiales

ANEXO N° 2: Acción Geológica de Aguas Superficiales

ANEXO N° 3: Socavamiento

ANEXO N° 4: Socavamiento

ANEXO N° 5: Deslizamiento Rotacional

ANEXO N° 6: Escarpe de deslizamiento

ANEXO N° 7: PLANO N° 01 IMAGEN SATELITAL

ANEXO N° 8: PLANO N° 02 MODELO DIGITAL DE PENDIENTES

ANEXO N° 9: PLANO N° 03 GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

ANEXO N° 10: PERFIL LONGITUDINAL A´- B´

ANEXO N° 11: PLANO N° 04 DE SUSCEPTIBILIDADES

ANEXO N° 12: CUADRO LEYENDA DE CARACTERIZACIONES



Anexo N° 1. Discurriramiento de las aguas de lluvia con una depositación en el pie de talud en la carretera.



Anexo N° 2. Cuando las lluvias son prolongadas el arrastre de detritos bloquea totalmente la carretera.



Anexo N° 3. Flujo de agua (Azul), socavamiento (rojo), Socavamiento ocasionado por el aumento de la corriente de agua en la quebrada, provocando la destrucción del camino de herradura y poniendo en riesgo a los pobladores.



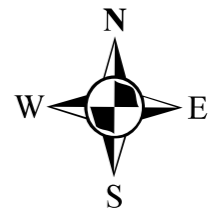
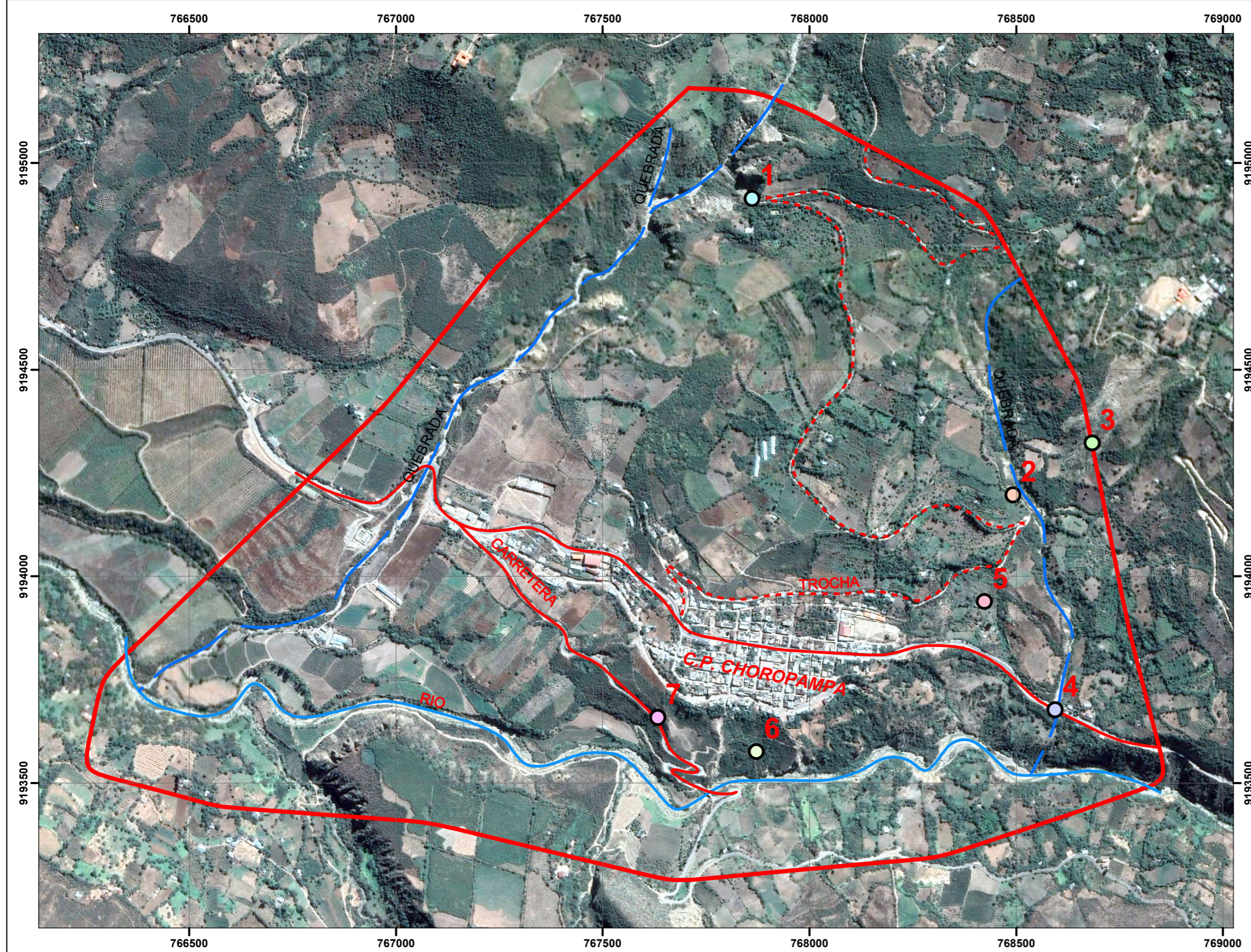
Anexo N° 4. Dirección de flujo (azul), socavamiento (verde), por acción de las aguas del río Magdalena en la parte baja de la C.P Choropamapa.



Anexo N° 5. Deslizamiento Rotacional, identificad en la Estación N° 06, el cual se a producido por la corriente del Río Magdalena (Azul), en él se evidencia claramente el escarpe de deslizamiento (Verde).



Anexo N° 6. Escarpe de deslizamiento, identificado en la estación N° 06, el cual está siendo ocasionado por la corriente del Río Magdalena metros más abajo.

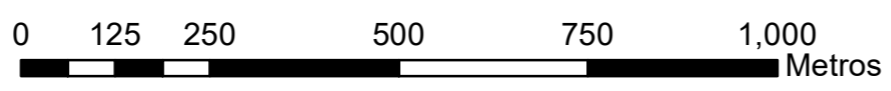


LEYENDA

ESTACIONES

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

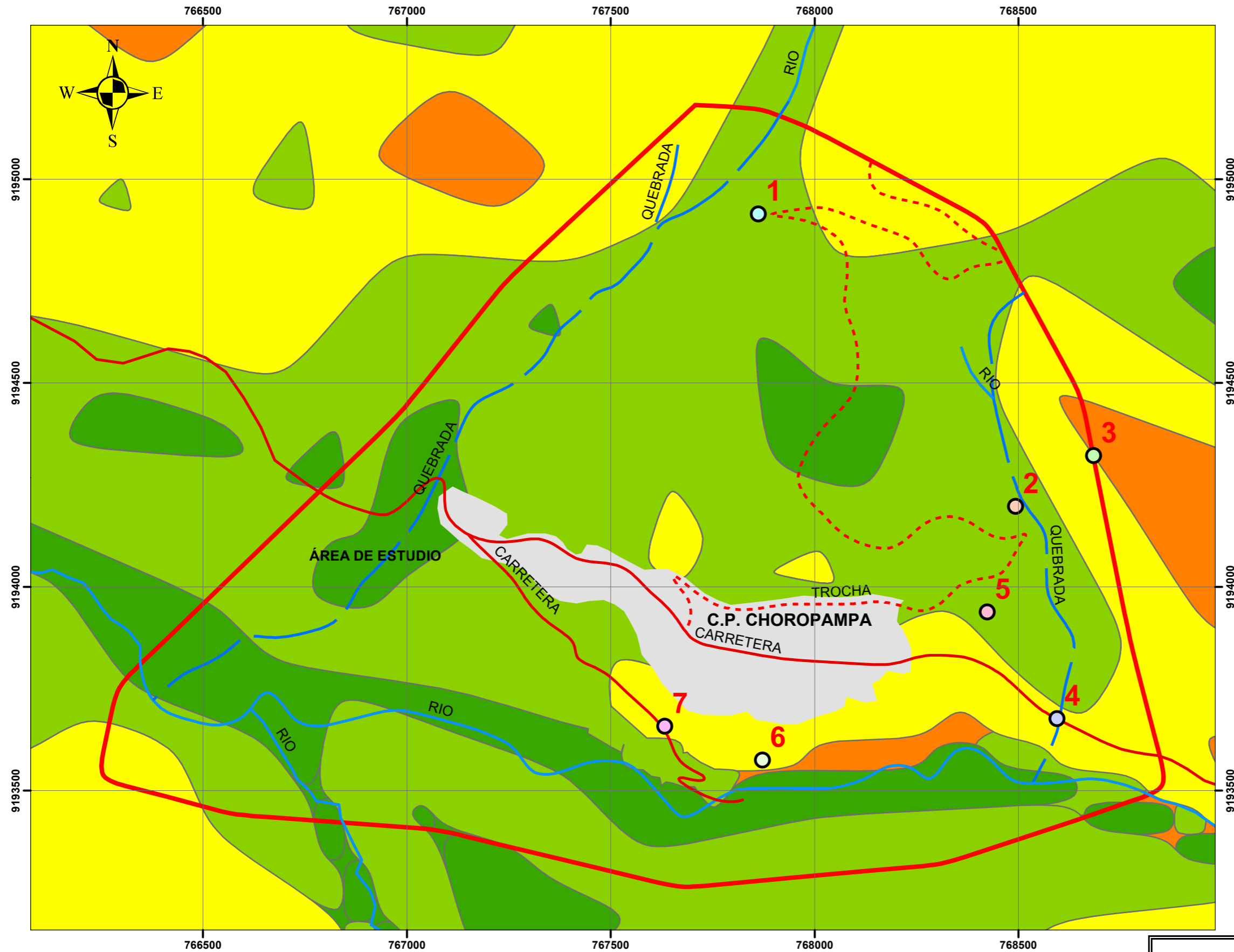
- CARRETERA
- QUEBRADAS
- RIO
- TROCHA
- ÁREA DE ESTUDIO



1:10,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
<i>Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</i>	
TESIS: Evaluación de amenazas por movimientos en masa en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena.	
PLANO: Imagen Satelital	
TESISTA: Bolaños Lozano, Orlando	PLANO N°:
ASESOR: Dr. Alejandro C. Lagos Manrique	01
DATUM: WGS - 84, ZONA: 17 S	
Cajamarca, junio del 2023	
ESCALA: 1 / 10,000	



LEYENDA

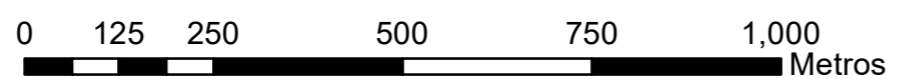
ESTACIONES

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

- CARRETERA
- QUEBRADA
- RIO
- TROCHA
- ZONA URBANA

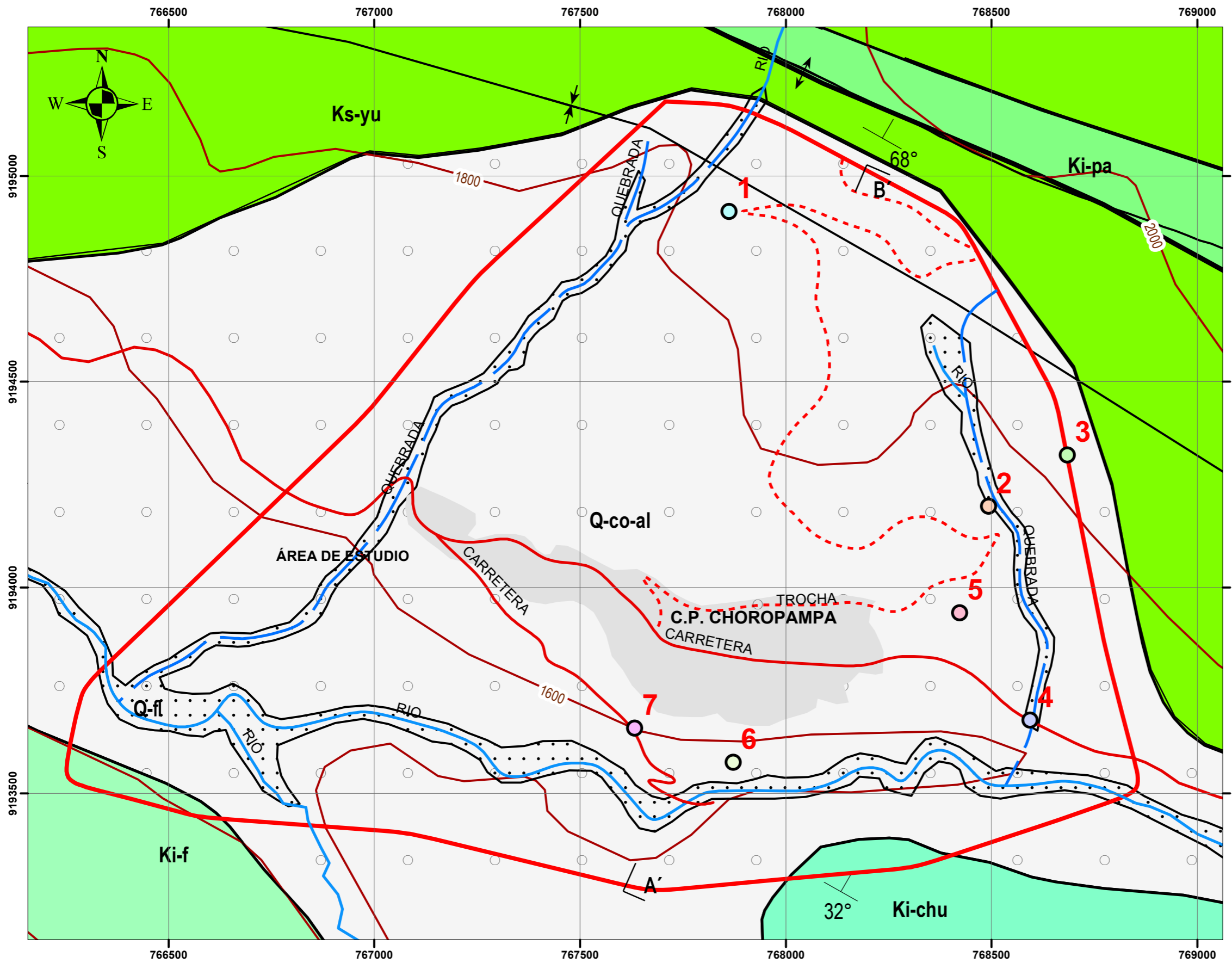
PENDIENTES

- 0.0° - 8.5°
- 8.5° - 16.6°
- 16.6° - 26.6°
- 26.6° - 45.0°
- 45.0° - 90.0°



1:10,000

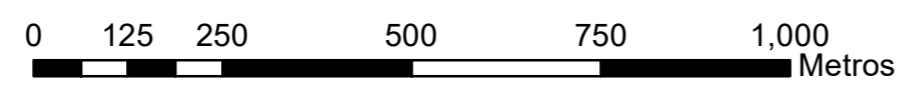
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	<i>Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</i>	
	TESIS: Evaluación de amenazas por movimientos en masa en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena.	
	PLANO: Modelo Digital de Pendientes	
TESISTA: Bolaños Lozano, Orlando	PLANO N°:	
ASESOR: Dr. Alejandro C. Lagos Manrique		02
DATUM: WGS - 84, ZONA: 17 S		
Cajamarca, junio del 2023	ESCALA: 1 / 10,000	



LEYENDA

ESTACIONES

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- PERFIL A' - B'
- CARRETERA
- QUEBRADA
- RIO
- TROCHA
- ZONA URBANA
- ANTICLINAL
- SINCLINAL
- CUATERNARIO FLUVIAL
- CUATERNARIO COLUVIO ALUVIAL
- FORMACIÓN INCA
- FORMACIÓN FARRAT
- FORMACIÓN YUMAGUAL
- FORMACIÓN PARIATAMBO
- FORMACIÓN CHULEC

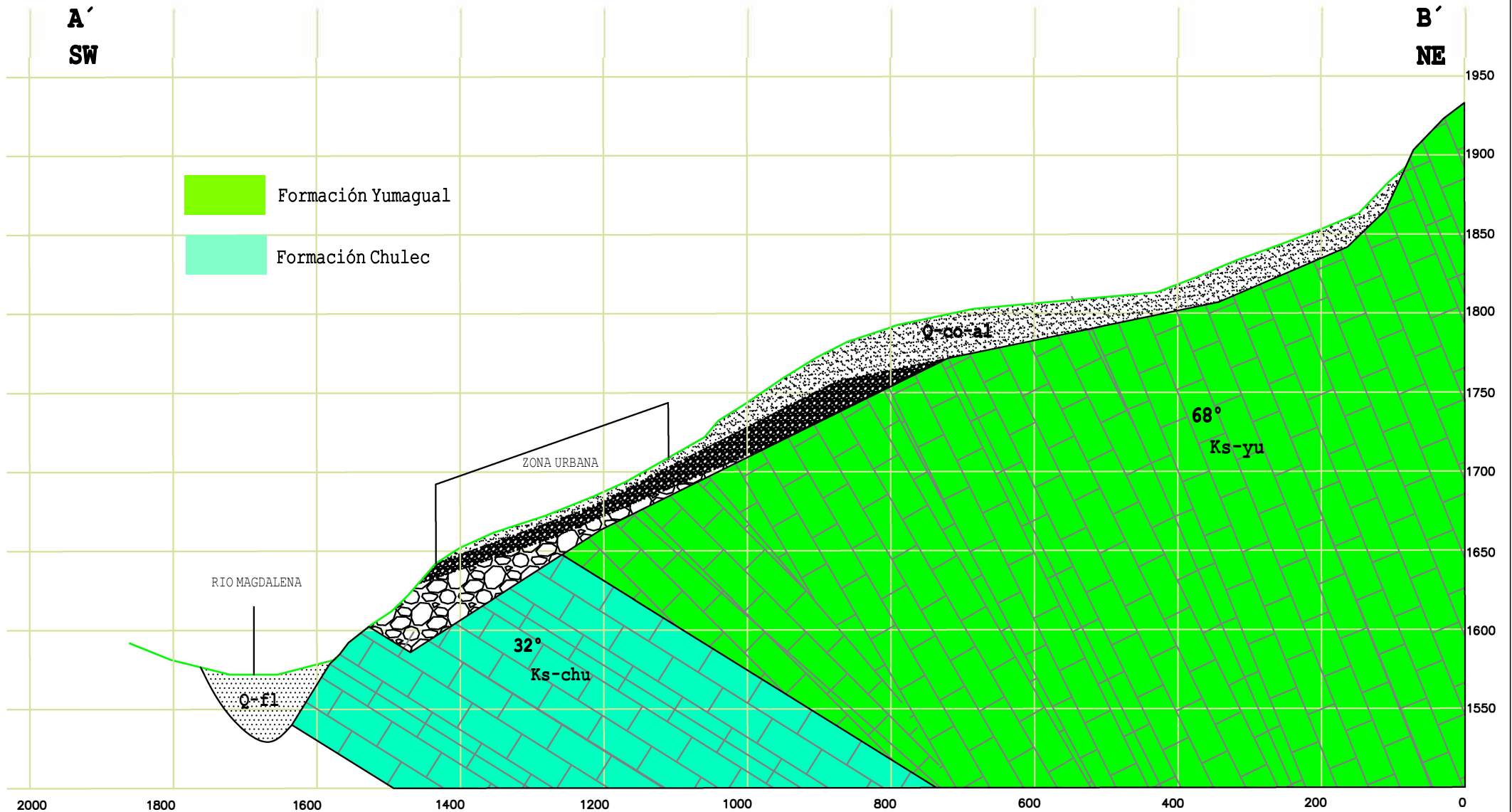


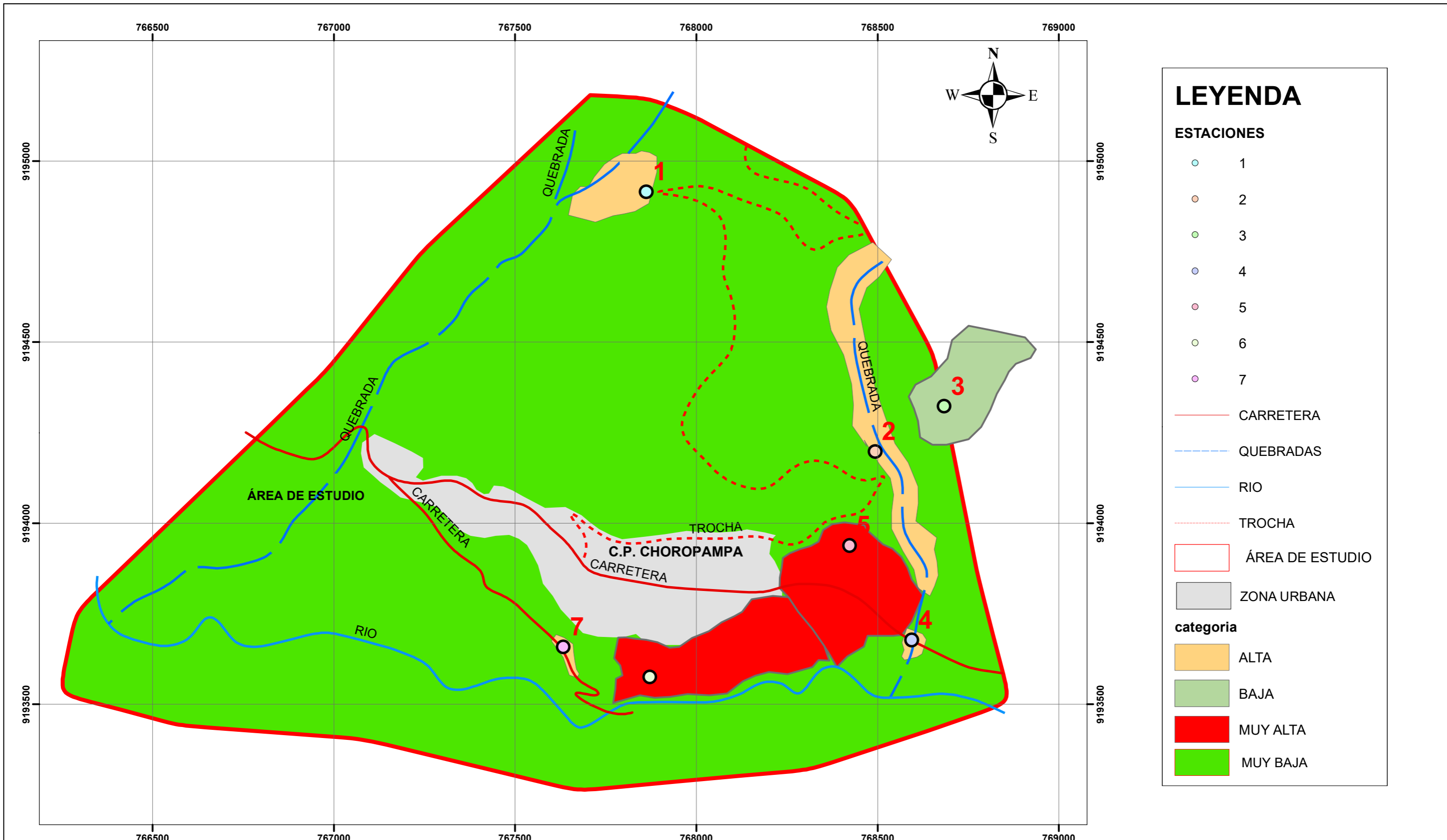
1:10,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
<i>Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</i>	
TESIS: Evaluación de amenazas por movimientos en masa en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena.	
PLANO: Geológico Estructural	
TESISTA: Bolaños Lozano, Orlando	PLANO N°:
ASESOR: Dr. Alejandro C. Lagos Manrique	03
DATUM: WGS - 84, ZONA: 17 S	
Cajamarca, junio del 2023	
ESCALA: 1 / 10,000	

PERFIL LONGITUDINAL A' - B'





LEYENDA

ESTACIONES

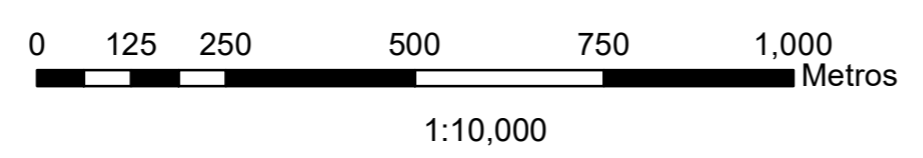
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

— CARRETERA
 - - - QUEBRADAS
 — RIO
 - - - TROCHA

□ **ÁREA DE ESTUDIO**
 □ ZONA URBANA







categoria

- ALTA
- BAJA
- MUY ALTA
- MUY BAJA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
<i>Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</i>	
TESIS: Evaluación de amenazas por movimientos en masa en el Centro Poblado San Sebastián de Choropampa - Magdalena.	
PLANO: Susceptibilidades	
TESISTA: Bolaños Lozano, Orlando	PLANO N°:
ASESOR: Dr. Alejandro C. Lagos Manrique	04
DATUM: WGS - 84, ZONA: 17 S	
Cajamarca, junio del 2023	ESCALA: 1 / 10,000

CATEGORIAS DE ESTABILIDAD DE LADERAS Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Categoría de estabilidad		Amenaza Relativa por Frecuencia de Ocurrencia de Movimientos en Masa	Condición de Estabilidad del Terreno
	I	Muy Baja	Zonas relativamente estables donde no se observan procesos de inestabilidad recientes y donde predominan las áreas de baja pendiente. Corresponde a la zona aproximadamente plana de los Llanos Orientales. Se debe tener especial cuidado con las zonas adyacentes a los ríos y quebradas, donde por efecto de socavación lateral se pueden llegar a inestabilizar las laderas adyacentes.
	II	Baja	Zonas relativamente estables en donde no se observan procesos denudacionales severos, pero su estabilidad depende del manejo que se les dé a las mismas y de la estabilidad de las laderas adyacentes. Corresponden en general a los lomos de las divisorias de aguas con pendientes bajas a moderadas. En esta zona se requiere tener mucha precaución con el manejo de aguas superficiales, las excavaciones, los rellenos y el control de los procesos de inestabilidad y focos erosivos que se puedan generar en las laderas adyacentes.
	III	Media	Zonas de estabilidad marginal susceptibles a procesos denudacionales por el mal manejo del terreno y de las aguas superficiales. En caso de lluvias extraordinarias o efectos sísmicos superficiales fuertes, en ellas podrían generarse deslizamientos que eventualmente afectarían áreas mayores. El mantenimiento o construcción de cualquier estructura dentro de estas zonas requiere el diseño detallado de medidas preventivas, correctivas o del control de deslizamientos.
	IV	Alta	Zonas inestables afectadas por procesos denudativos como cárcavamiento profundo en caños y quebradas, en donde es común encontrar cicatrices de antiguos deslizamientos. El mal manejo de aguas superficiales y en general del suelo pueden acelerar la profundización y extensión de las cárcavas y deslizamientos. La construcción y el mantenimiento de obras requieren el diseño detallado de medidas preventivas, correctivas o de control de deslizamientos y resultan costosas.
	V	Muy Alta	Zonas muy inestables, afectadas por procesos de inestabilidad activos que involucran al macizo rocoso y que abarcan gran extensión. En algunas zonas corresponden a sectores con frecuentes procesos erosivos de tipo cárcavamiento extenso y profundo. Debido a las altas pendientes y susceptibilidad la falla de los terrenos de estas zonas, garantizar la estabilidad por medio de cualquier obra es bastante difícil y requiere de medidas especiales y muy costosas para lograr estabilizar las zonas críticas
	Morfología plana y ligeramente inclinada correspondiente a los lechos actuales de los ríos y quebradas. Incluye Vegas y barras torrenciales estas zonas se inundan con las crecientes torrenciales interanuales. Conos de deyección en procesos de formación cuyas pendientes son suaves o moderadas. Las zonas atravesadas por las corrientes que forman están expuestas a socavación y desprendimientos. Zonas de rondas de Cañadas.		

FUENTE: (GEMMA, 2007)