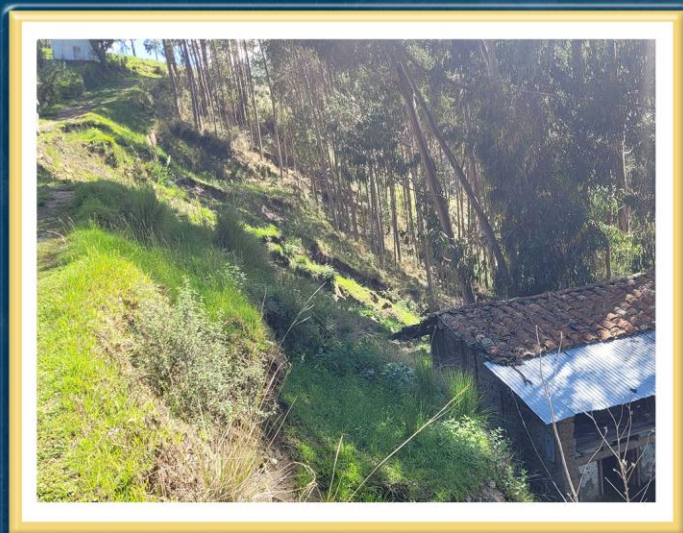


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7409

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL CASERÍO CHAUPIMAYO

Departamento Cajamarca
Provincia Cajamarca
Distrito Cajamarca



AGOSTO
2023

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO EN EL
CASERÍO CHAUPIMAYO**

Distrito Cajamarca, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET.

Equipo de investigación:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del peligro geológico por deslizamiento en el caserío Chaupimayo, distrito, provincia y departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7409, 31p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Aspectos generales.....	3
1.3.1. Ubicación	3
1.3.2. Población	3
1.3.3. Accesibilidad.....	4
1.3.4. Clima.....	5
2. DEFINICIONES	6
3. ASPECTO GEOLÓGICO	8
3.1. Unidades litoestratigráficas	8
3.1.1. Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2	8
3.1.2. Depósitos cuaternarios	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	11
4.2. Pendiente del terreno	11
4.3. Unidades Geomorfológicas	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	13
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Deslizamiento rotacional Chaupimayo	15
5.1.1. Descripción	15
5.1.2. Análisis longitudinal	16
5.1.3. Características visuales y morfométricas	18
5.2. Derrumbes en el caserío Chaupimayo	20
6. CONCLUSIONES	21
7. RECOMENDACIONES	21
8. BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXO 1. MAPAS	23
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	27

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, deslizamiento y derrumbes en el caserío Chaupimayo, distrito, provincia y departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

En el contexto litológico, se presentan rocas piroclásticas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la secuencia volcánica Tual-Puruay, cubiertas por depósitos coluvio deluviales limosos de alta plasticidad, compuestos por bloques (10%), cantos (5%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (10%), limos y arcillas (60%).

Además, en el contexto geomorfológico se presentan montañas en rocas volcano sedimentarias, con pendiente de moderada a fuerte (5° a 25°), vertientes con depósito de deslizamiento con pendiente escarpada (25° a 45°) y vertientes coluvio deluviales con pendiente muy escarpada (>45°).

Se ha cartografiado un deslizamiento rotacional, con un área de 665 m², 2 000 m³ de volumen aproximado, escarpe de 25 m y un salto vertical de 2 m; que ha dejado inhabitable a una vivienda, 30 m intransitables de una trocha carrozable local y tres viviendas en peligro; además se evidencian tres derrumbes que han afectado 762 m² de pastos naturales.

El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales intensas y prolongadas, como las que se presentaron el 2 marzo 2022 (28.2 mm/día).

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, presentes, se le considera como **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto** a deslizamiento.

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, para ser tomadas en cuenta, por autoridades competentes y tomadores de decisiones; como la reubicación de la vivienda declarada inhabitable, cambiar el trazo de la trocha local, construir drenes de coronación, reforestar las laderas, monitorear el deslizamiento, capacitar a la población en Gestión del Riesgo de Desastres y elaborar un estudio EVAR para determinar medidas de control a largo plazo.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Provincial de Cajamarca, según Oficio N°001-2023-SGDCyGRD-GSC-MPC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa el caserío Chaupimayo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el caserío Chaupimayo; llevado a cabo el día 24 de febrero del 2023.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores del Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de Cajamarca y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos en el caserío Chaupimayo, distrito, provincia y departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos.
- c) Proponer medidas de control del riesgo por los peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geológicos y geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N° 31 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Reyes, 1980) donde se describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen afloramientos de tobas andesíticas y riolíticas de la Formación Porculla (Po-po). En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); por escala y detalle, se describen rocas piroclásticas de composición riolíticas pertenecientes a la Secuencia volcánica Tual-Puruy, que forma parte del Centro Volcánico Yanacocha.
- En Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), se elabora un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, a escala 1:250 000; donde Chaupimayo, se sitúa en terrenos con susceptibilidad media ante la ocurrencia de movimientos en masa.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El caserío Chaupimayo, del distrito, provincia y departamento Cajamarca (Figura 1), se sitúa en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1; además se identifica coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio afectada por la reptación de suelos.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	767560	9216880	-7.078464	-78.577866
2	767560	9216710	-7.080000	-78.577858
3	767400	9216710	-7.080008	-78.579308
4	767400	9216880	-7.078471	-78.579315
Coordenada central de los movimientos en masa identificados				
C	767467	9216808	-7.079121	-78.578705

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas o Censo peruano de 2017 (INEI, 2018), el caserío Chaupimayo, tiene una población de 243 habitantes, distribuidos en 82 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

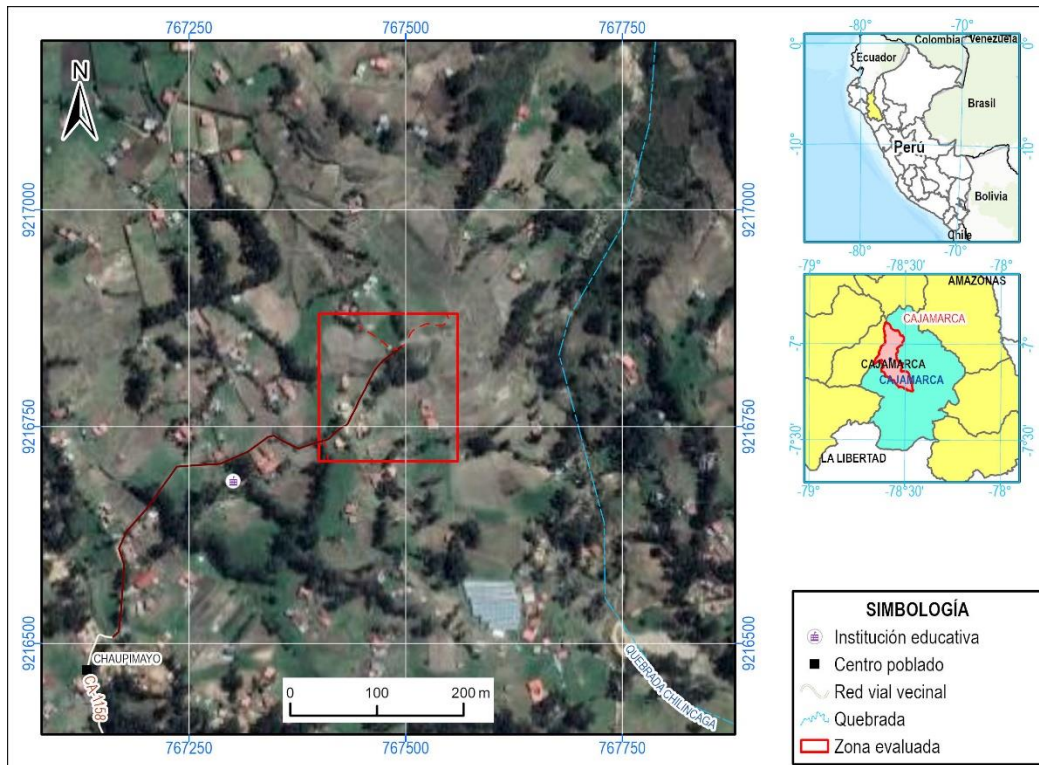


Figura 1. Ubicación del área evaluada de caserío Chaupimayo (en rojo).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hacia Chaupimayo, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, mediante la vía asfaltada nacional PE-3N hasta el empalme con la vía vecinal CA-1158, luego se sigue la vía CA-1158 hasta el caserío Chaupimayo, desde donde se continúa por una trocha carrozable hasta el área evaluada (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ciudad de Cajamarca – Emp. CA-1158	Asfaltada	15.6	30 minutos
Emp. CA-1158 – Chaupimayo	Afirmada	1.2	5 minutos
Chaupimayo – Área evaluada	Trocha carrozable	0.3	3 minutos

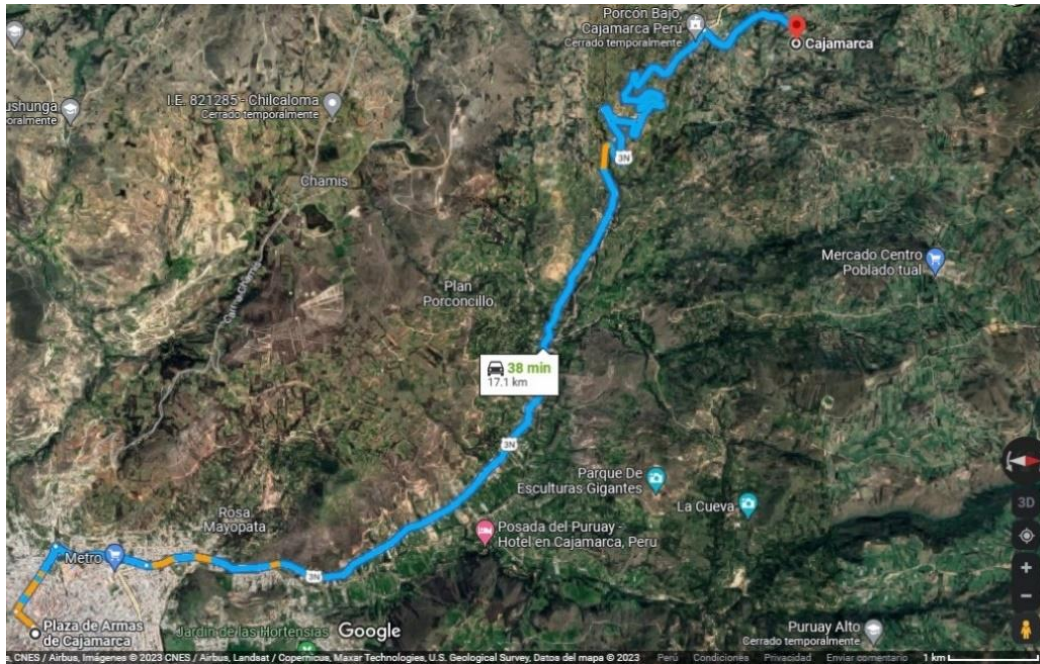


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta el caserío Chaupimayo. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Lluvioso con otoño e invierno secos. Templado (B (o, i) B'), con una temperatura máxima promedio entre 19°C a 23°C, una temperatura mínima promedio entre 3°C y 7°C y una precipitación anual entre 700 mm a 1500 mm.

Durante el mes de marzo del 2022, en el sector evaluado se registran precipitaciones de hasta 28.2 mm/día (Figura 3) considerados por el Senamhi como de Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

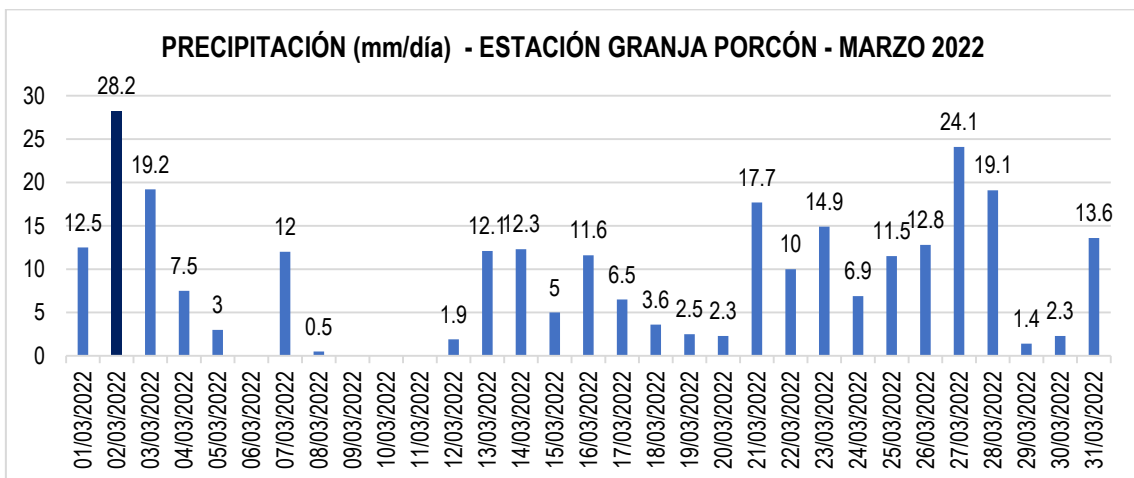


Figura 3. Precipitación diaria durante marzo del 2022 en la Estación Granja Porcón (Cajamarca), la más cercana a la zona evaluada. **Fuente:** Senamhi.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA, 2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Actividad: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden & Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolla en base al Boletín N° 31 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Reyes, 1980); complementado con la actualización integrada a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); los que son corroborados y validados con trabajos de campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Solo se ha determinado la presencia de la Formación Porculla que, por detalle, según el cartografiado a escala 1/50,000, en el área de estudio viene a recibir la denominación de Centro Volcánico Yanacocha – Secuencia Volcánica Tual-Puruay Evento 2, coberturada por depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2

Esta unidad está conformada por depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas, gris blanquecinas a rosáceas, ricos en cristales, de composición riolítica; se intercalan flujos de bloques y cenizas gris verdosos, fragmentos líticos andesíticos (Ingemmet, 2021).

En el área evaluada esta unidad presenta secuencias piroclásticas muy fracturadas y altamente meteorizadas (Fotografía 1), con un Índice Geológico de Resistencia (Hoek, 2007) promedio de 20 (Figura 4), haciendo a estos terrenos muy susceptibles a movimientos en masa.



Fotografía 1. Macizo rocoso muy fracturado y altamente meteorizado de la Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2. **Ubicación:** E: 767450; N: 9216781; Z: 3222.

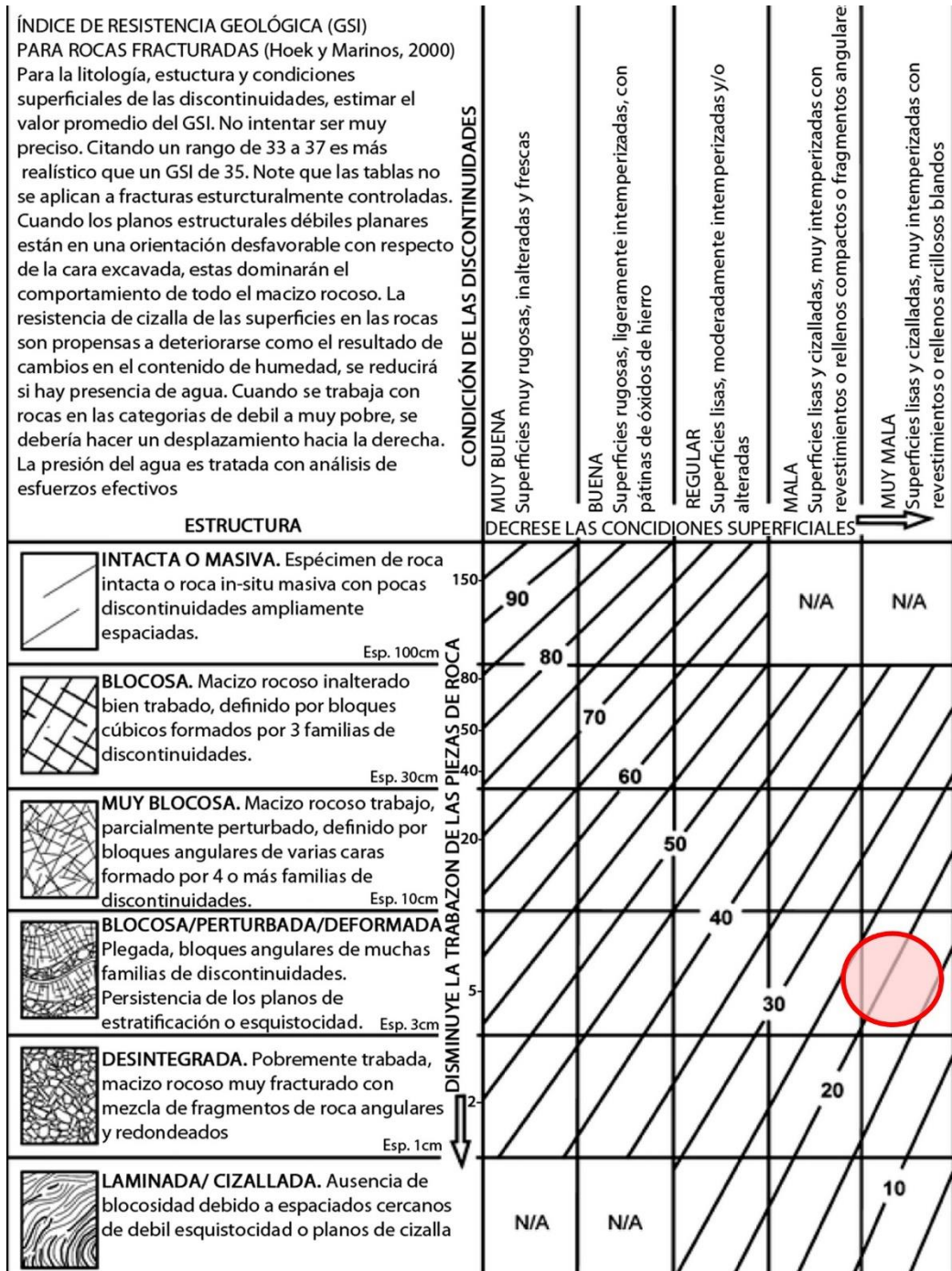


Figura 4. Estructura y calidad de las discontinuidades del macizo rocoso de la Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2 (Nm-tpE2), GSI promedio de 20. **Fuente:** Tabla del Índice Geológico de Resistencia GSI (Hoek, 2007).

3.1.2. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio-deluvial (Q-cd)

Son depósitos de suelos acumulados por diversos movimientos en masa, donde el principal agente de transporte ha sido la gravedad y la sobresaturación de los materiales; su composición va de bloques angulosos a sub redondeados de poco transporte, en una matriz de arcillas y limos.

Se ubican en las zonas con movimientos en masa activos en el caserío Chaupimayo, cuya composición es homogénea y corresponden a la meteorización y erosión de las rocas piroclásticas.

Su granulometría es de limos de alta plasticidad (MH); compuestos por bloques (10%), cantos (5%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (10%), limos (55%) y arcillas (5%) (Fotografía 2).



Fotografía 2. Muestra de los suelos coluvio-deluviales en el área evaluada. **Ubicación:** E: 767460; N: 9216795; Z: 3223.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000, del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se hace uso de imágenes y modelos digitales de elevación detallados obtenidos con los levantamientos fotogramétricos de dron, desarrollados en febrero del 2023, herramienta para estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta altitudes que van desde los 3 188 m hasta los 3 249 m, en los cuales se distinguen seis niveles altitudinales (Figura 5); de los cuales se puede observar que los terrenos entre los 3 210 - 3 230 m, presentan una pendiente promedio de escarpada a muy escarpada ($>25^\circ$), modelada sobre depósitos coluvio deluviales, atribuyéndoles una geoforma de vertientes coluvio-deluviales conformada por depósitos de deslizamientos.

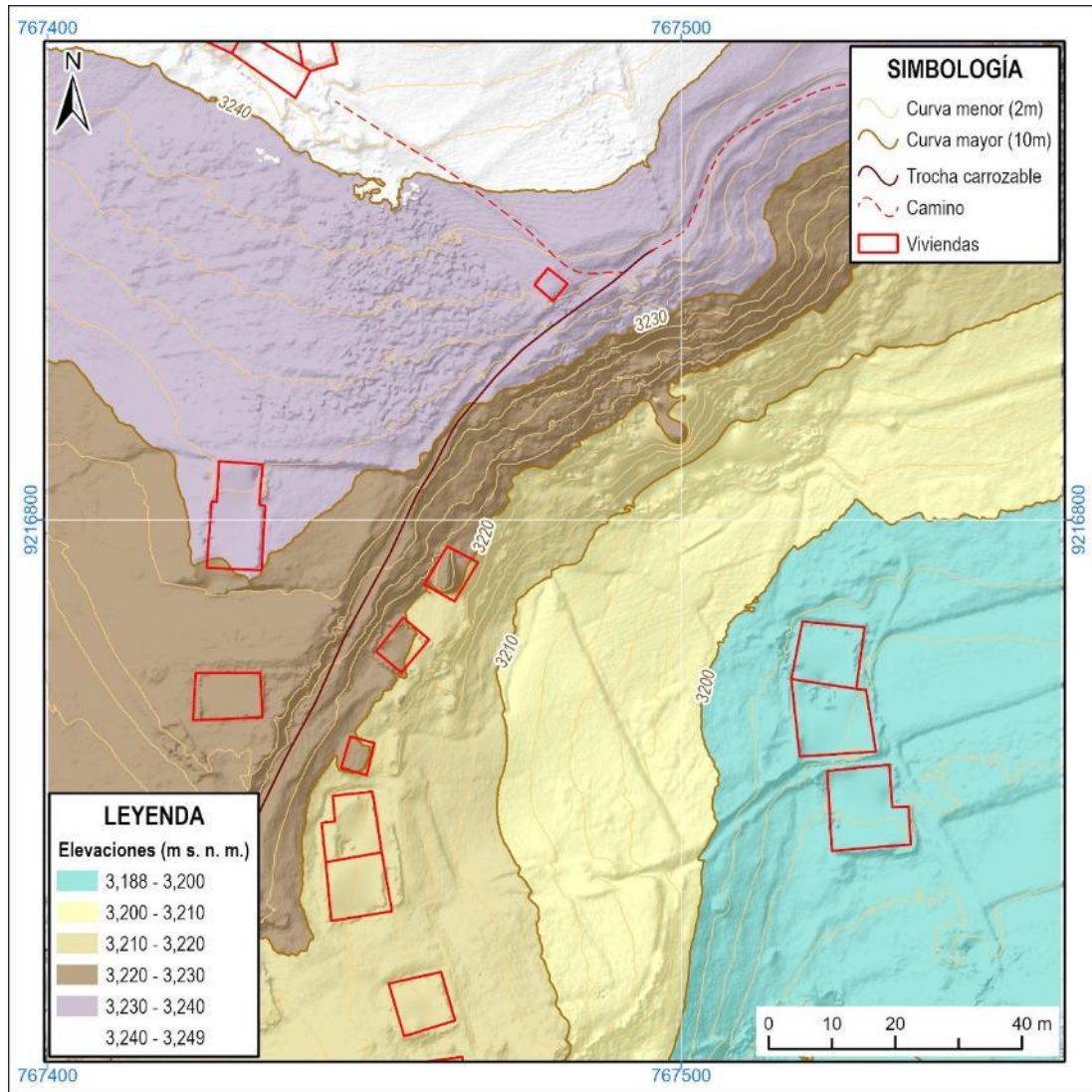


Figura 5. Modelo digital de elevaciones de la zona del caserío Chaupimayo.

4.2. Pendiente del terreno

En el caserío Chaupimayo, la zona con deslizamiento activo se encuentra en un terreno con pendiente escarpada (25° a 45°), mientras que las viviendas en peligro se ubican en terrenos con pendiente moderada (5° a 15°) (Figura 6, Mapa 2).

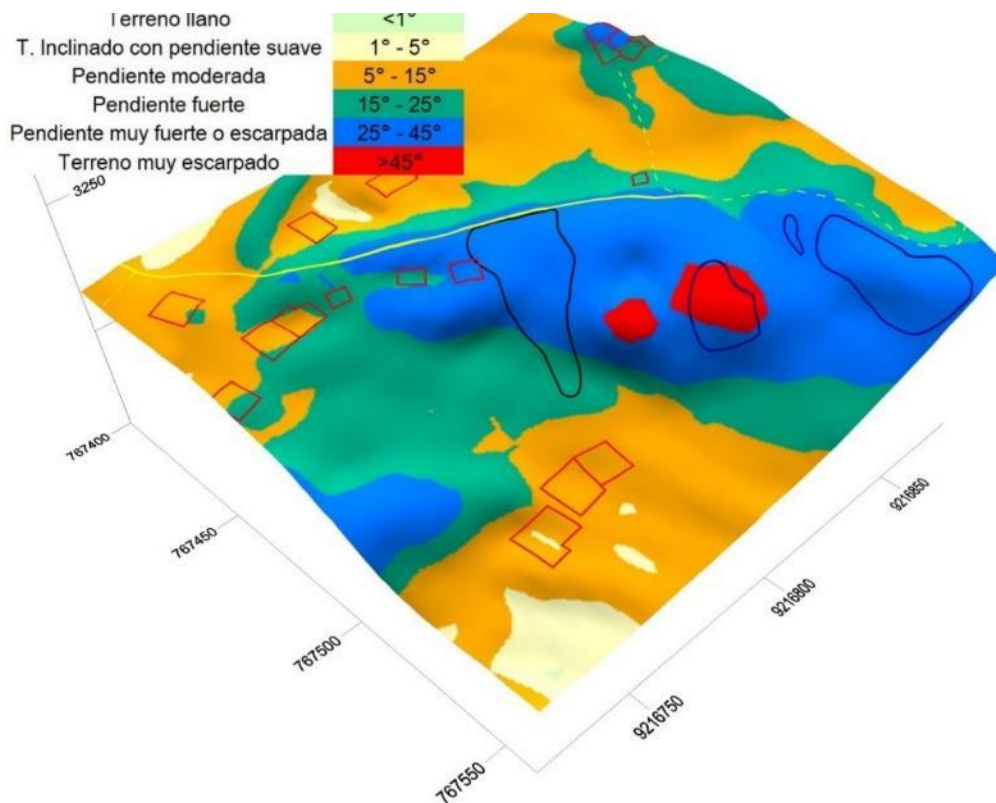


Figura 6. Modelo 3D de las pendientes de la zona del caserío Chaupimayo utilizando el MDE obtenido con el levantamiento fotogramétrico. El deslizamiento está delimitado en línea negra, los derrumbes en azul, las viviendas en rojo, la trocha en amarillo y los caminos en líneas discontinuas amarillas.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en rocas volcano sedimentarias), y de carácter deposicional y agradacional (Vertiente coluvio deluvial y vertiente con depósito de deslizamiento); presentadas en la figura 7 y mapa 3.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

- Sub unidad de montaña en rocas volcano sedimentarias (M-rvs)

Se presentan en las partes altas del caserío Chaupimayo, donde los terrenos conforman montañas de moderada a fuerte pendiente, con relieve suave debido a la baja resistencia geológica de las rocas piroclásticas presentes; actualmente estos terrenos son usados para cultivos agrícolas.

4.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemonte

- **Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd)**

Conforman los terrenos ubicados en las laderas de montañas, donde los continuos movimientos en masa han ido acumulando suelos limosos de alta plasticidad con bloques sub redondeados a redondeados.

- **Subunidad de vertiente o piedemonte con depósito de deslizamiento (V-dd)**

Se ubica en la parte central del área evaluada donde existe un deslizamiento rotacional activo y que ha movilizado suelos ladera abajo, su alcance es mayor a la unidad anterior debido al mayor saturación de los materiales en remoción.



Figura 7. Vista de las geoformas del caserío Chaupimayo: Montaña en rocas volcano sedimentarias (M-rvs), vertiente coluvio deluvial (V-cd) y vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el caserío Chaupimayo se han cartografiado movimientos en masa, tipo deslizamiento y derrumbes (Figura 8); los cuales han impactado y dejado inhabitable una vivienda, e intransitable a una trocha carrozable local (Fotografía 3).

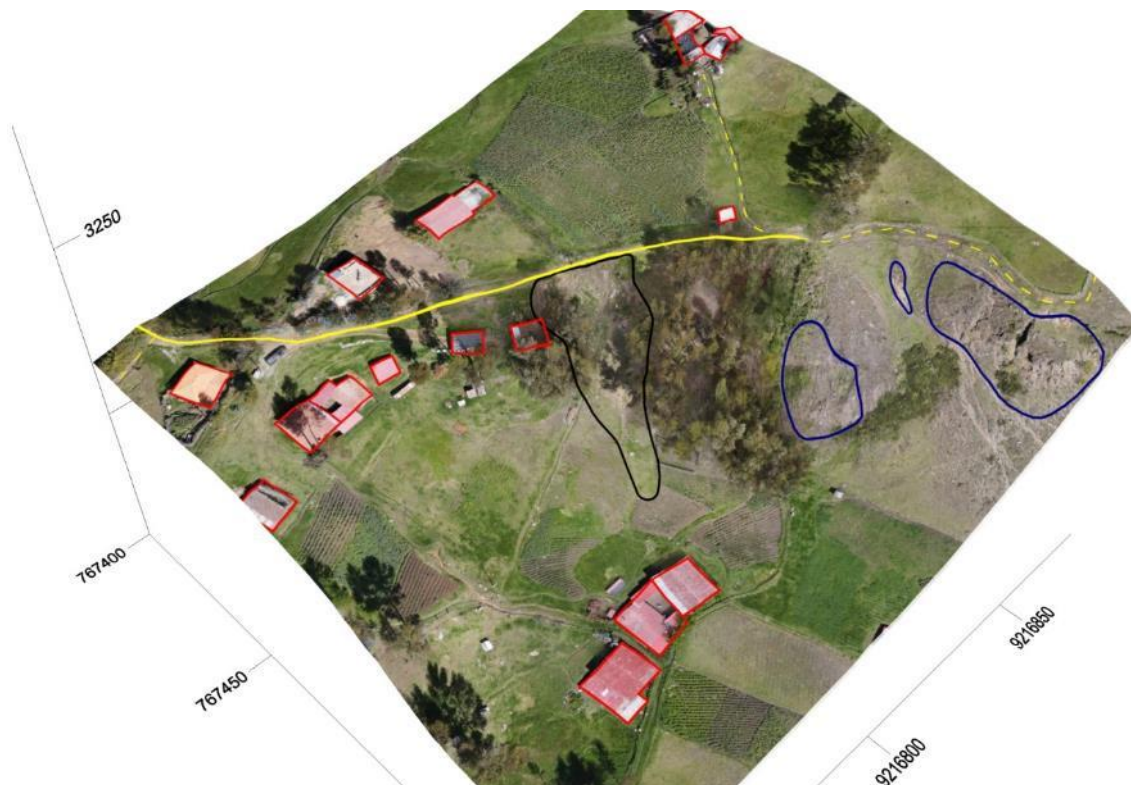


Figura 8. Modelo 3D donde se muestra la extensión del deslizamiento rotacional (línea negra) y los derrumbes (línea azul); las viviendas se resaltan en línea roja, la trocha carrozable en línea amarilla y los caminos en línea discontinua amarilla.



Fotografía 3. Afectación a una vivienda del caserío Chaupimayo y a la calzada de una trocha carrozable local ubicados en la zona de deslizamiento rotacional.

5.1. Deslizamiento rotacional Chaupimayo

5.1.1. Descripción

Deslizamiento activo, que sigue una dirección NO-SE.

El primer evento de deslizamiento se registró entre los años 2012 y 2013 (Figura 10), y ha tenido diversos episodios de reactivación, siendo el más reciente en mayo del 2022, desencadenadas debido a las intensas precipitaciones del mes de marzo (Figura 3); ésta última causó afectaciones en una vivienda y trocha local.

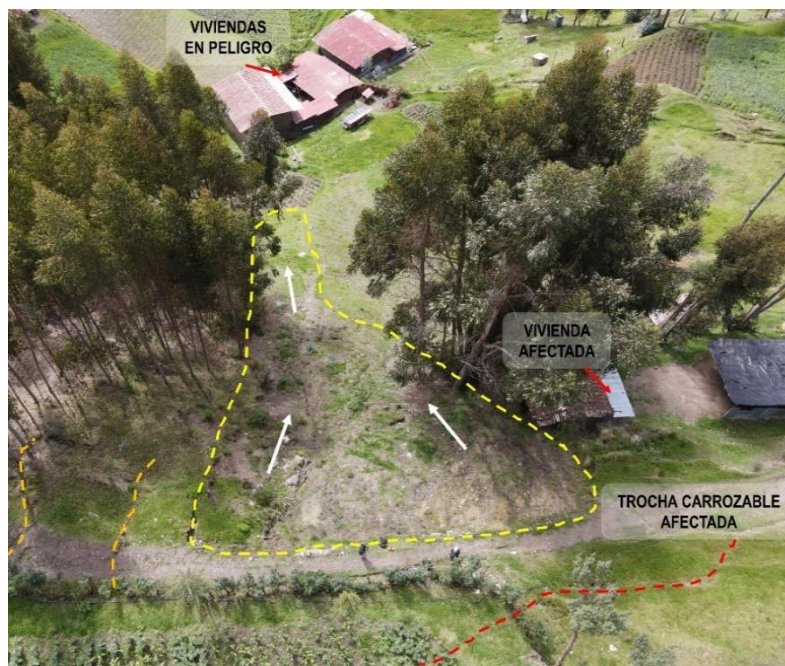


Figura 9. Vista del deslizamiento rotacional Chaupimayo, donde se aprecia su extensión (línea amarilla) una escarpa detrás de la corona (línea roja) y agrietamientos laterales (línea anaranjada).



Figura 10. Imágenes satelitales entre los meses de setiembre del 2012 (antes del deslizamiento) y junio del 2013 (luego del deslizamiento); la extensión actual se muestra en línea amarilla.

Fuente: Google.

5.1.2. Análisis longitudinal

En el perfil longitudinal A-A' (Figura 11) se aprecia la extensión de la zona del deslizamiento rotacional; movimiento en masa desarrollado en los suelos coluvio deluviales superficiales que cobertura a las rocas piroclásticas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2.

En la figura 12 se muestra la corona del deslizamiento que está afectando a la trocha local, además se han identificado agrietamientos detrás de la corona con longitudes de hasta 20 m y saltos verticales de 50 cm; estas estructuras indican que el movimiento podría alcanzar una mayor área (carácter retrogresivo) de no implementar medidas de mitigación.

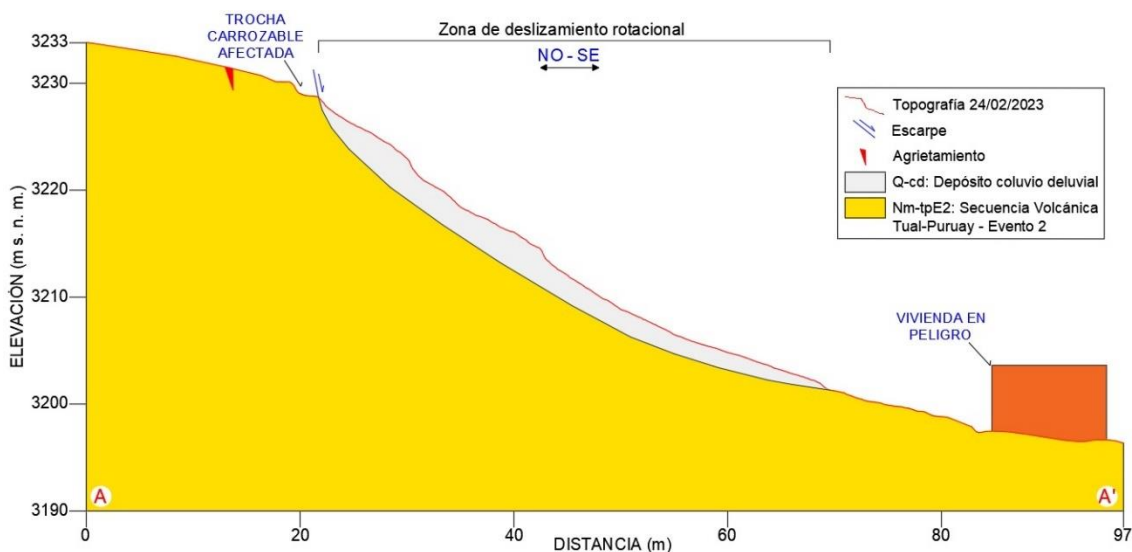


Figura 11. Perfil A-A' que muestra la distribución de los materiales geológicos e infraestructura afectadas del caserío Chaupimayo.



Figura 12. De la parte superior del deslizamiento Chaupimayo, donde se aprecia la corona del movimiento que está afectando a la trocha local.



Figura 13. Agrietamientos ubicados detrás de la corona del deslizamiento, que muestran saltos verticales de hasta 50 cm.

En la figura 14 se muestra la parte central del deslizamiento, donde existen grandes bloques de rocas piroclásticas en peligro de caer ladera abajo, en caso de una reactivación del movimiento, lo que afectaría a viviendas ubicadas en la parte baja (figura 15).



Figura 14. Parte central del deslizamiento, donde se aprecian bloques de hasta 1 m de longitud en peligro de desprenderse ladera abajo.



Figura 15. Vista de la punta del deslizamiento, donde se aprecian las viviendas que están en peligro ante una reactivación del movimiento.

5.1.3. Características visuales y morfométricas

- Tipo de movimiento: Deslizamiento rotacional en suelos.
- Estado: Activo.
- Área afectada 665 m².
- Tipo de avance: Retrogresivo.
- Velocidad: Moderado (algunos centímetros al mes, según comentario de los pobladores del caserío Chaupimayo).
- Deformación del terreno: Escalonado.

La composición de los suelos coluvio deluviales corresponde a limos de alta plasticidad (MH); compuestos por bloques (10%), cantos (5%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (10%), limos y arcillas (60%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica y sub redondeados (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de formaciones superficiales – deslizamiento en el caserío Chaupimayo. **Ubicación:** E: 767460; N: 9216795; Z: 3223.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL			GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	10	Bolos	<input type="checkbox"/>	Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	5	Cantos	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	5	Gravas	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	10	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	10	Arenas		
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	55	Limos		
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	5	Arcillas		

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios

COMPACIDAD			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.						
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
Limos y Arcillas		Arena		Gravas					
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input type="checkbox"/>	ML	<input checked="" type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	OL	<input type="checkbox"/>	OH
					Muy consolidada	<input type="checkbox"/>	PT		

Morfometría

- Área: 665 m².
- Volumen: 2 000 m³.
- Perímetro: 124 m.
- Diferencia de alturas corona y pie de deslizamiento: 27 m.
- Longitud horizontal corona a punta: 47 m.
- Ángulo de corona al pie del deslizamiento: 29°.
- Dirección del movimiento: N118°.
- Ancho de la superficie de falla: 24 m.
- Salto principal: 2 m.

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, compuesto por arcillas de alta plasticidad del depósito coluvio-deluvial, así como de rocas piroclásticas muy fracturadas y altamente meteorizadas de la Secuencia volcánica Tual-Puruay Evento 2.
- Ladera de pendiente escarpada (25° a 45°), que conforman geoformas de vertientes con depósito de deslizamiento, muy susceptibles a erosionarse.
- Ausencia de drenajes adecuados.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema, como la ocurrida el 2 de marzo del 2022, cuando la estación Granja Porcón registró 28.2 mm/día (Figura 3).

Daños ocasionados por el movimiento en masa

- 1 vivienda inhabitable (Fotografía 4).
- 30 m de trocha carrozable intransitable (Fotografía 5).
- 3 viviendas en peligro a 15 metros del deslizamiento (Fotografía 6).



Fotografía 4. Pared colapsada de la vivienda inhabitable, producto del impacto del deslizamiento en el caserío Chaupimayo. **Ubicación:** E: 767464; N: 9216794; Z: 3220.



Fotografía 5. Calzada intransitable de la trocha carrozable local, afectada por el deslizamiento. **Ubicación:** E: 767458; N: 9216810; Z: 3228.



Fotografía 6. Viviendas en peligro ubicadas en la parte baja del deslizamiento. **Ubicación:** E: 767523; N: 9216773; Z: 3196.

5.2. Derrumbes en el caserío Chaupimayo

Se han cartografiado tres derrumbes de suelos al noreste del deslizamiento rotacional, que abarcan un área de 762 m²; sin embargo, sólo han afectado a terrenos con cobertura vegetal de pastos naturales (Figura 16).

Los derrumbes se ubican en terrenos con pendiente muy escarpada (>45°) que conforman vertientes coluvio-deluviales de suelos limosos de alta plasticidad, similares a los encontrados en el deslizamiento.



Figura 16. Vista de los derrumbes activos (en línea amarilla) ubicados al noreste del deslizamiento activo (en línea naranja).

6. CONCLUSIONES

- a. En el caserío Chaupimayo, se ha cartografiado un deslizamiento rotacional con un área de 665 m² y volumen aproximado de 2 000 m³, además de tres derrumbes con un área en conjunto de 762 m², que han dejado inhabitable a una vivienda, 30 m intransitables de una trocha carrozable local y tres viviendas en peligro.
- b. El deslizamiento se ha desarrollado sobre suelos limosos de alta plasticidad, provenientes de procesos de remoción en masa sobre rocas piroclásticas de la Secuencia volcánica Tual-Puruay evento 2, su escarpa tiene un ancho de 25 m y un salto de 2 m.
- c. Las geoformas corresponden a montaña en rocas volcano sedimentarias, con pendiente de moderada a fuerte (15° a 25°), vertientes con depósito de deslizamiento con pendiente escarpada (25° a 45°) y vertientes coluvio deluviales con pendiente muy escarpada (>45°).
- d. El factor detonante para la ocurrencia de los movimientos en masa fueron las precipitaciones pluviales intensas como las registradas el 02 de marzo 2022 (28.2 mm/día).
- e. El material que conforman los depósitos corresponde a limos de alta plasticidad (MH), compuestos por bloques (10%), cantos (5%), gravas (5%), gránulos (10%), arenas (10%), limos y arcillas (60%); teniendo sus clastos gruesos forma esférica y sub redondeados (Tabla 3).
- f. Las áreas de impacto por deslizamiento, cartografiados en el caserío Chaupimayo, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como **Zona Crítica de Peligro Alto a Muy Alto**.

7. RECOMENDACIONES

- a) Reubicar la vivienda, declarada inhabitable en el caserío Chaupimayo.
- b) Cambiar el trazo de la trocha carrozable local, hacia un terreno con menor pendiente y menos presencia de escorrentías superficiales o agua subterránea.
- c) Construir drenes de coronación y perimetrales impermeabilizados alrededor de todo el terreno afectado por el deslizamiento (Anexo 2A – Figura 16).
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas (Anexo 2b – figura 18 y fotografía 7).
- e) Monitorear la posible reactivación del deslizamiento.
- f) Capacitar a la población en peligro en Gestión del Riesgo de Desastres.
- g) Elaborar estudios EVAR con el fin de determinar medidas de control a largo plazo y delimitar posibles zonas con riesgo muy alto no mitigable.

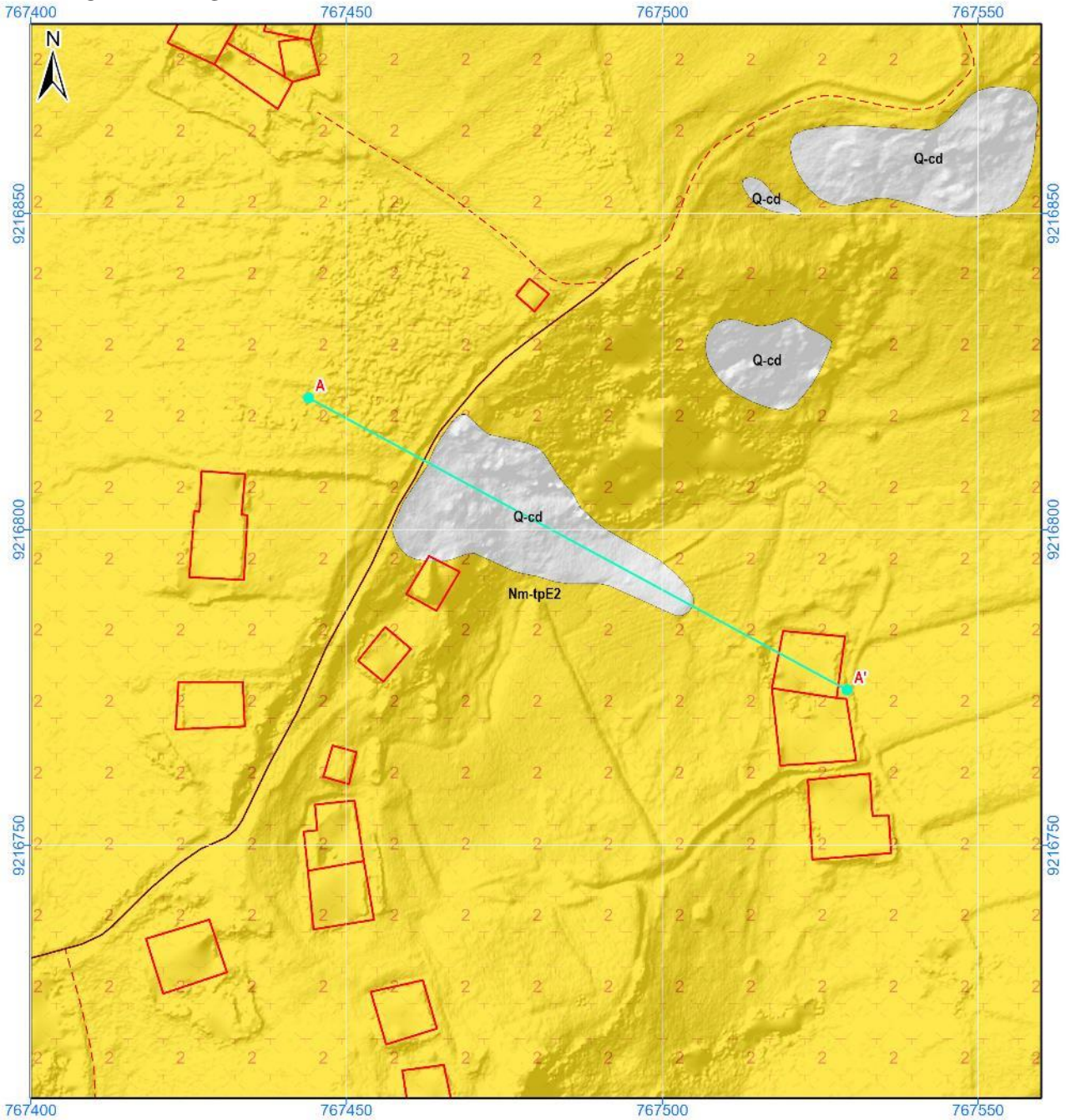
8. BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report, 247, 36–75.*
- Hoek, E. (2007). Rock Mass Properties. En *Practical Rock Engineering* (2a ed., pp. 190–236). Rocscience.
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Suárez Díaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales* (Ltda, Ed.; 1a ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación* (1a ed.). Erosion.com.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.


LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Trocha carrozable
	Camino
	Línea de perfil
	Viviendas

LEYENDA	
	Nm-tpE2: Secuencia Volcánica Tual-Puruy - Evento 2
	Q-cd: Depósito coluvio deluvial

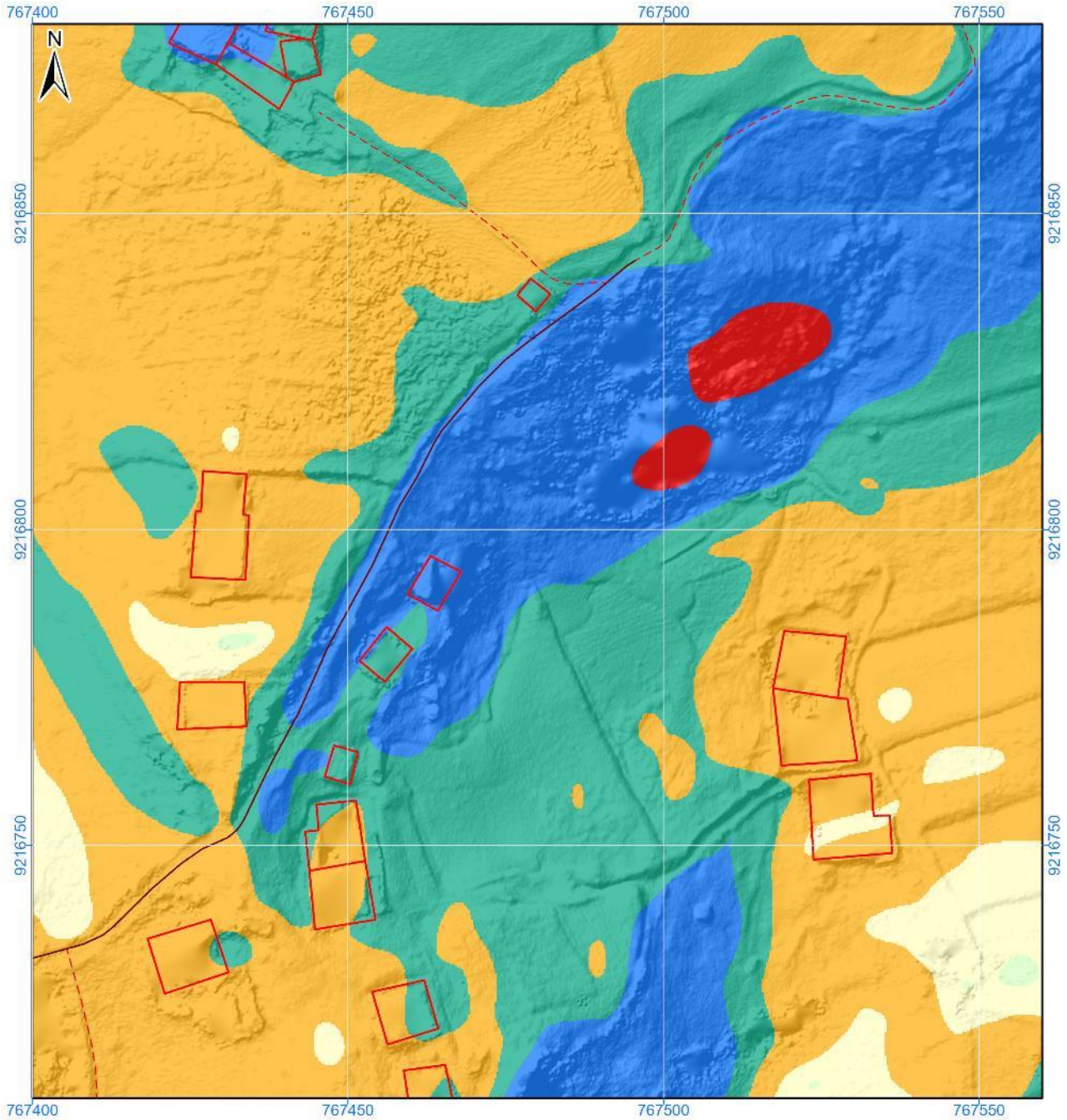
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

GEOLOGÍA DEL CASERÍO CHAUPIMAYO

Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2023

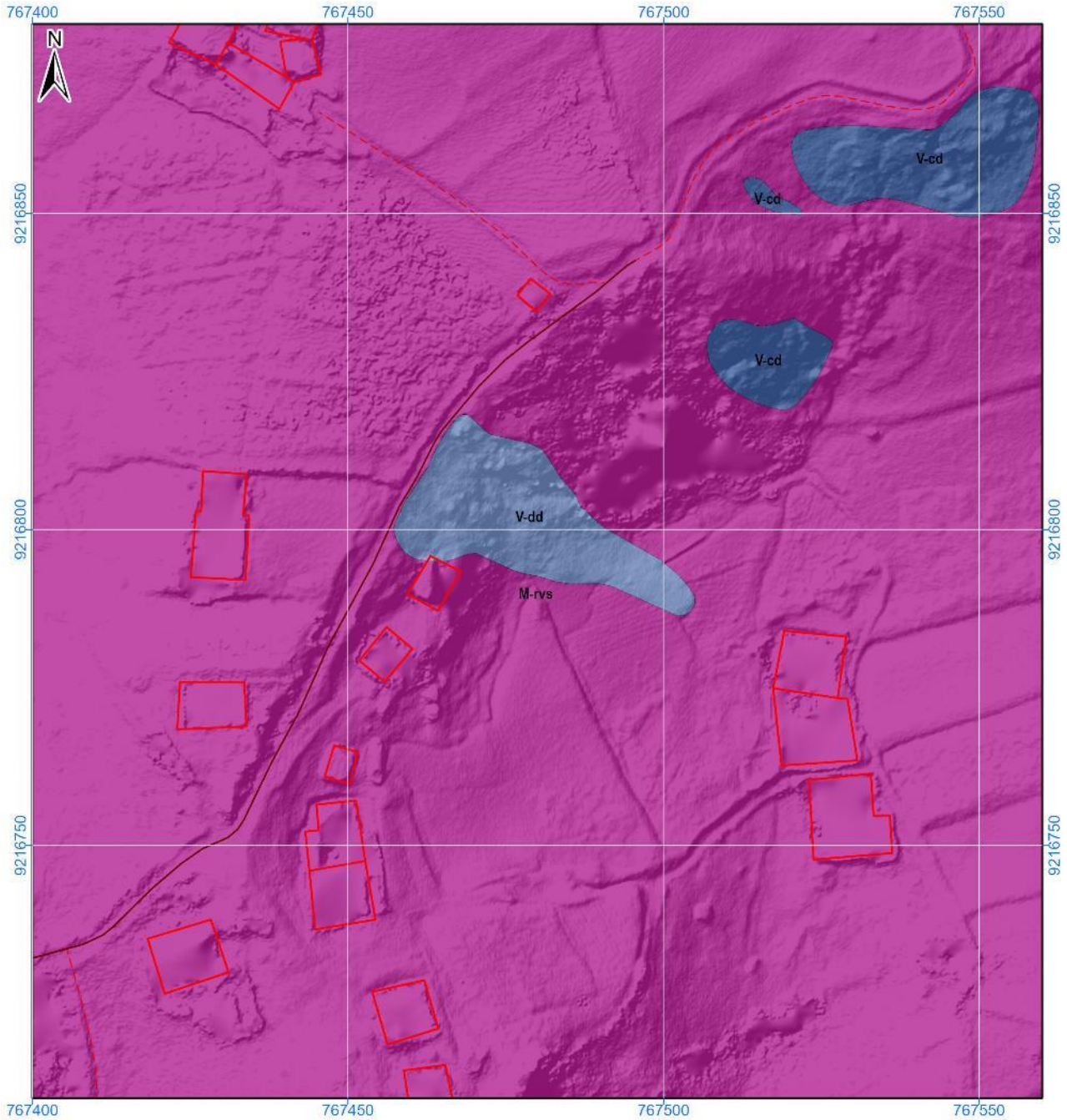
MAPA
1



SIMBOLOGÍA	
	Trocha carrozable
	Camino
	Viviendas

LEYENDA	
	<math><1^\circ</math>: Terreno llano
	$1^\circ-5^\circ$: Terreno inclinado con pendiente suave
	$5^\circ-15^\circ$: Pendiente moderada
	$15^\circ-25^\circ$: Pendiente fuerte
	$25^\circ-45^\circ$: Pendiente muy fuerte o escarpada
	$>45^\circ$: Terreno muy escarpado

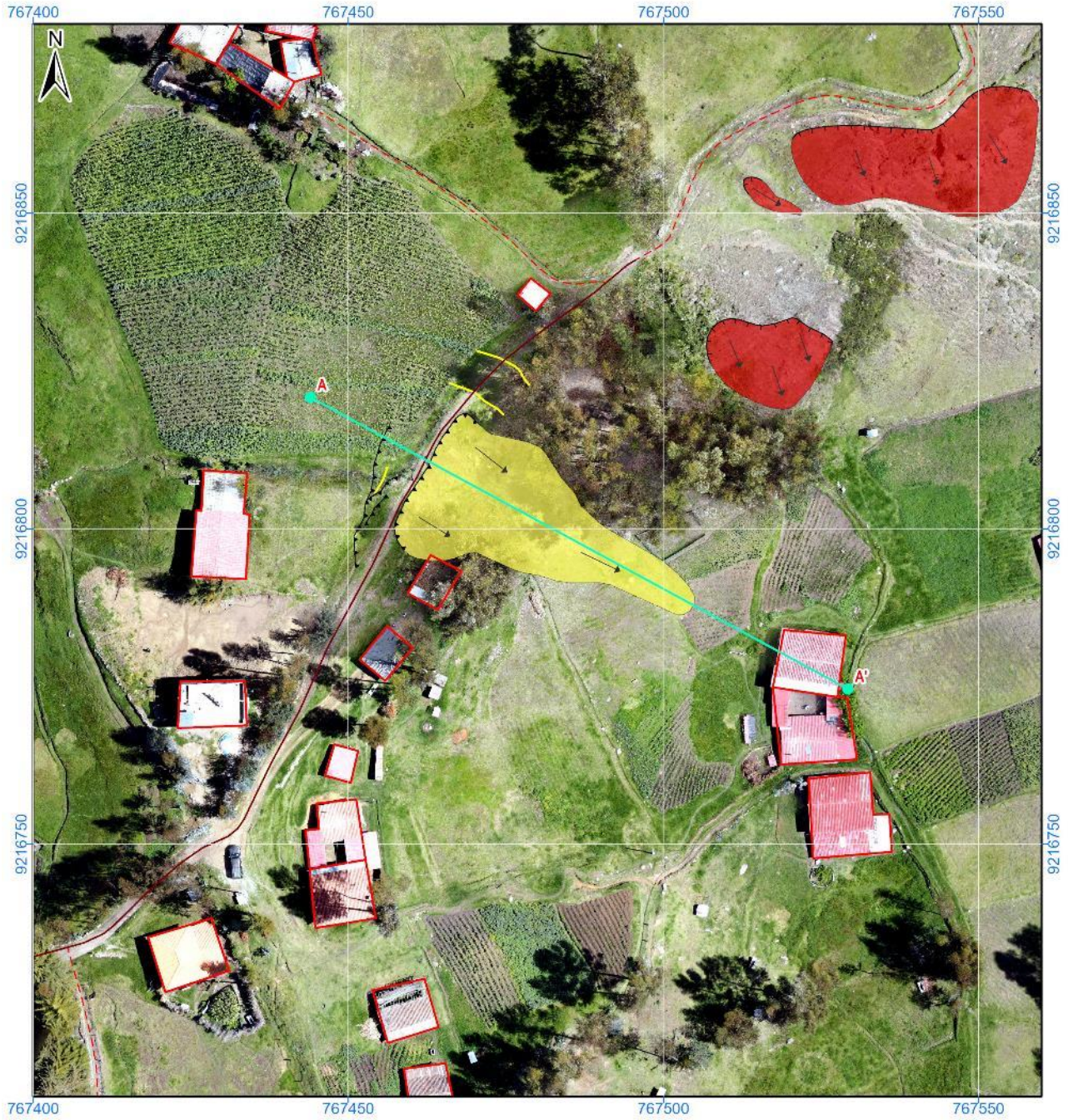
SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
PENDIENTES DEL TERRENO EN EL CASERÍO CHAUPIMAYO		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Trocha carrozable
	Camino
	Viviendas

LEYENDA	
	M-rvs: Montaña en rocas volcánico sedimentaria
	V-cd: Vertiente coluvio deluvial
	V-dd: Vertiente con depósito de deslizamiento

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
GEOMORFOLOGÍA DEL CASERÍO CHAUPIMAYO		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Trocha carrozable
	Camino
	Línea de perfil
	Agrietamiento
	Escarpe de derrumbe activo
	Escarpe de deslizamiento activo
	Dirección de movimiento activo
	Viviendas

LEYENDA	
	Derrumbe activo
	Deslizamiento rotacional activo

SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO CHAUPIMAYO	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/1,000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos y reptación de suelos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de los movimientos en masa. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez Díaz, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de los movimientos en masa, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento en masa. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (Figura 17). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

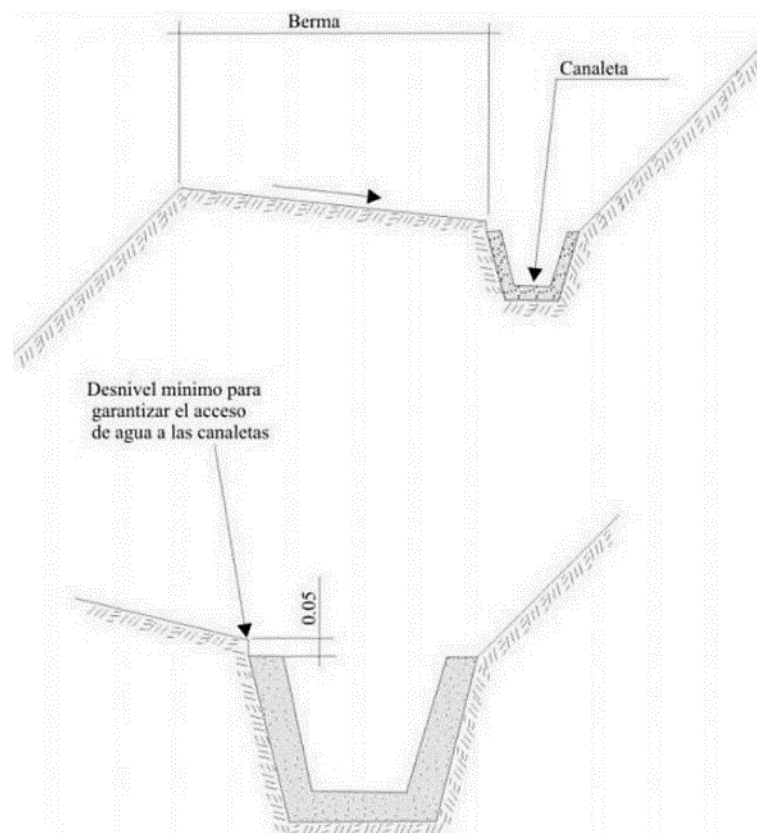


Figura 17. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de movimientos en masa poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

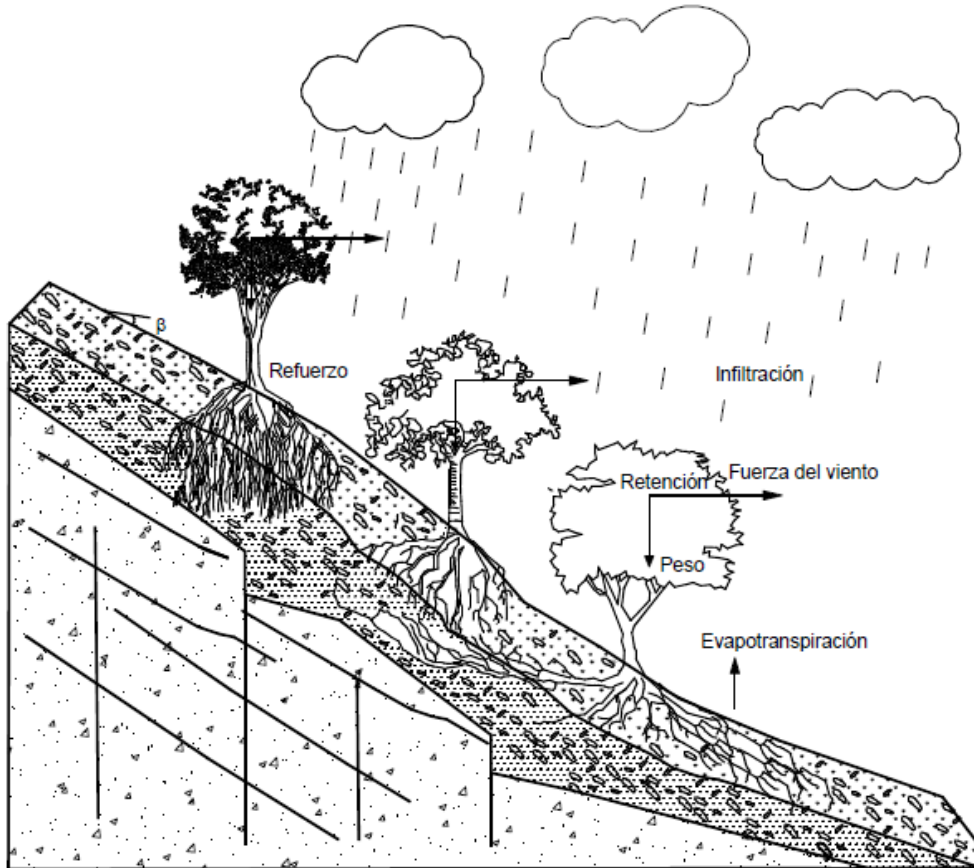


Figura 18. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Fotografía 7. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.