

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7746

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CASERÍO LLOQUE

Departamento: Huánuco

Provincia: Huánuco

Distrito: Santa María del Valle



MARZO
2026

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTOS EN EL CASERÍO LLOQUE

(Distrito Santa María Del Valle, Provincia Huánuco y Departamento Huánuco)



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

Equipo Técnico:

*Wilson Gómez Cahuaya
Griselda Luque Poma*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). "Evaluación de peligros geológicos por deslizamientos en el caserío Lloque". Distrito Santa María Del Valle, Provincia y Departamento Huánuco, informe técnico N° A7746, Ingemmet 43p.

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Objetivos del estudio	4
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	6
1.3.3. Accesibilidad.....	6
1.3.4. Clima	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	10
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	10
3.1.1. Complejo del Marañón.....	10
3.1.2. Depósitos Cuaternarios	11
3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd).....	11
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	13
4.1. Pendientes del terreno	13
4.2. Unidades geomorfológicas.....	14
4.2.1. Montaña en roca metamórfica (ME-rm)	14
4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)	15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
5.1. Movimientos en masa	19
5.1.1. Deslizamiento antiguo	19
5.1.2. Deslizamientos activos	20
5.1.2.1. Factores condicionantes.....	26
5.1.2.2. Factores desencadenantes.....	27
6. CONCLUSIONES.....	30
7. RECOMENDACIONES.....	31
8. BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXO 1: MAPAS.....	34
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	38

RESUMEN

El presente informe expone los resultados de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el caserío Lloque, ubicado en el Distrito Santa María Del Valle, Provincia y Departamento Huánuco. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con su rol de brindar asistencia técnica, a los tres niveles de gobierno.

La geología local del sector Lloque, está marcado por un substrato rocoso metamórfico atribuido al Complejo del Marañón. Cuya litología está constituida por esquistos gris verdosos muy deformados y con una foliación bien definida. Sus macizos presentan características geomecánicas de resistencia media a baja y se encuentran muy fracturados y superficialmente se hallan altamente meteorizadas, dándole un aspecto fragmentado y triturado a dicho macizo, el cual se relaciona intrínsecamente con el desarrollo de movimientos en masa.

Los depósitos coluvio-deluviales corresponden a acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos de bolones, gravas y gránulos inmersos en matriz limo arenosa, provenientes de un antiguo deslizamiento. Presentan una baja competencia geomecánica, reducida cohesión y baja resistencia a la erosión, lo que favorece la generación y desarrollo de deslizamientos.

Desde el punto de vista geomorfológico, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre la ladera de un sistema montañoso, cuya pendiente pronunciada varía de 15° a 45°. Las geoformas resultantes como vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre la parte media de la ladera al oeste del cerro Pachamuña. Estas condiciones morfológicas indujeron indirectamente al deslizamiento de Lloque.

Los resultados de la evaluación y el análisis del ráster RRIM nos revelan la existencia de un deslizamiento antiguo con un área de 53 Ha, que afectó la ladera oeste del cerro Pachamuña. Sobre este depósito se desarrolla actualmente un deslizamiento compuesto y activo, el cual se distingue por un cuerpo de masa afectado por múltiples escarpes, concentrándose principalmente en la parte media-superior de la ladera. Dicho deslizamiento, involucra terrenos agrícolas, trocha carrozable y compromete las viviendas asentadas al pie del deslizamiento. Además, se manifiestan deslizamientos menores alojados en la zona distal y flanco izquierdo del deslizamiento principal, lo que pone en evidencia la dinámica activa del evento.

Los factores desencadenantes se atribuyen principalmente a las fuertes precipitaciones reportadas en el mes de marzo del 2025. El riego por inundación usado para los cultivos de fruta ocasiona saturación del suelo e induce a la pérdida de cohesión y resistencia al corte de los materiales. Además, la intervención antropológica a través de cortes de carretera en la parte media-baja de la ladera, ocasiona reducción progresiva del equilibrio estructural.

De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al caserío Lloque como **Peligro Alto** ante deslizamientos.

Se recomienda a las autoridades y tomadores de decisiones, medidas de mitigación, tales como la construcción de canales de drenaje/coronación con una sección de material impermeable, sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración durante intensas precipitaciones, prohibir la construcción de nuevas viviendas e infraestructura en zonas de deslizamientos, además, realizar el EVAR correspondiente.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) “Servicio de asistencia técnica en evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital Santa María Del Valle, según oficio N°472-2025-MDSMV-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el caserío Lloque.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gómez Cahuaya y Griselda Luque Poma, para realizar la evaluación de peligros geológicos en el sector antes mencionado, el cual, se efectuó el 25 de noviembre del 2025, en coordinación con los representantes de la Oficina de Gestión de Riesgo y Desastres de la Municipalidad Distrital de Santa María Del Valle.

La evaluación técnica se ejecutó en tres etapas: i) Gabinete I (Pre-campo), recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; ii) Campo, consistió en la observación geológica, toma y medición de datos estructurales (levantamiento fotogramétrico con dron, captura de imágenes fotográficas), cartografiado al detalle, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Gabinete II, se realizó el procesamiento digital e interpretación de toda la data extraída en campo, que involucra fotointerpretación cartográfica geológica y geodinámica para la identificación de procesos de movimientos en masa a través de imágenes satelitales, que ofrece la plataforma Google Earth y Sentinel 2, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad Distrital Santa María Del Valle, Provincia Huánuco y Gobierno Regional Huánuco e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío Lloque del Distrito Santa María Del Valle, Provincia Huánuco y Departamento Huánuco.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de los peligros geológicos.

- c) Proponer y recomendar medidas de prevención y reducción ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del Ingemmet, que incluyen sectores aledaños a las zonas de evaluación (informes técnicos) y otros estudios regionales relacionados a la geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- a) Boletín N°34, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco” de Zavala & Vilchez (2006). Donde señala que el caserío Lloque presenta alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en (Figura 1).
- b) Boletín N°75, seria A, Carta Geológica Nacional (Escala 1:100,000): Geología del cuadrángulo de Huánuco – 20K. Realizado por Quispesivana, L (1996). Menciona que las unidades locales estudiadas abarcan edades del Precámbrico hasta el Cuaternario, diferenciándose secuencias de origen proluvial y coluvio-deluvial procedentes de antiguos eventos geodinámicos.

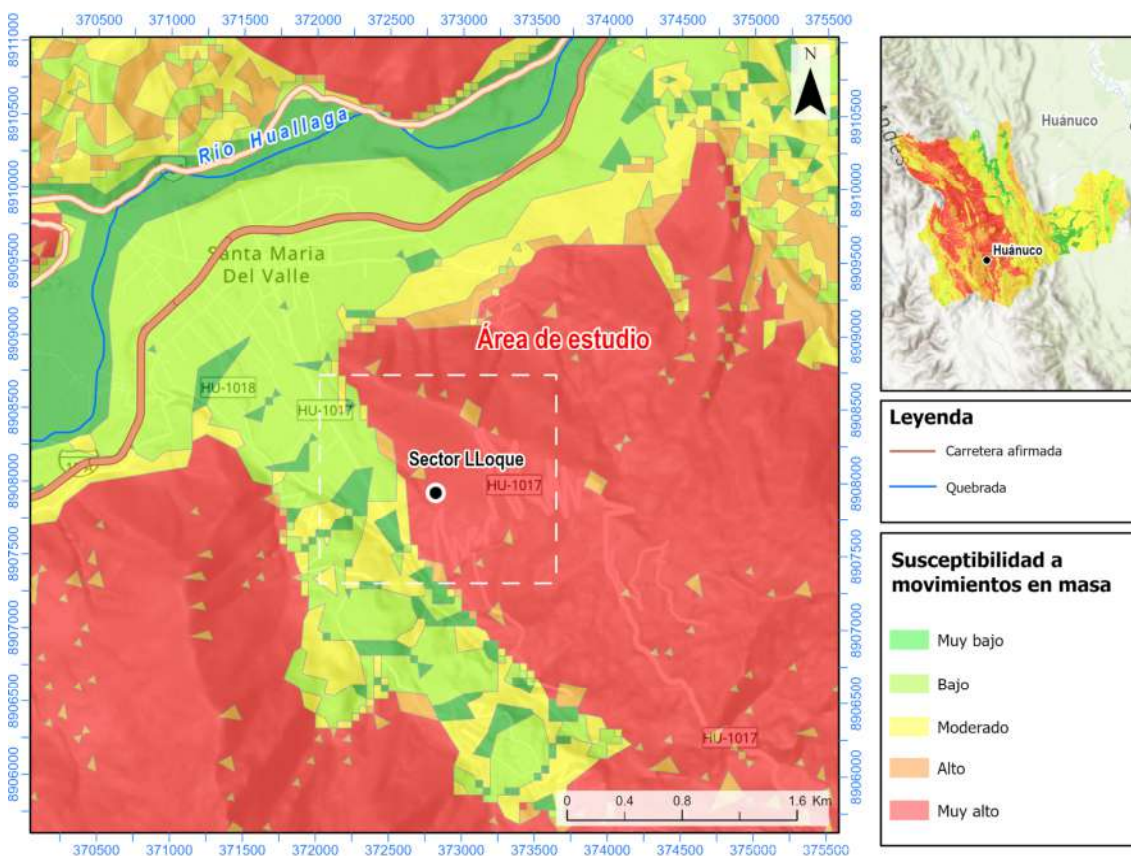


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se muestra que el sector Lloque se encuentra entre valores de alto a muy alto. Tomado de Zavala & Vilchez (2006).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Lloque pertenece políticamente al distrito Santa María del Valle, provincia y departamento Huánuco. Morfoestructuralmente, se ubica en el borde oeste de la Cordillera Oriental del Perú (**Figura 2**).

El área estudiada se enmarca dentro de las siguientes coordenadas 373,361.03E 8,907,763.55N m (UTM WGS84 – Zona 18S).

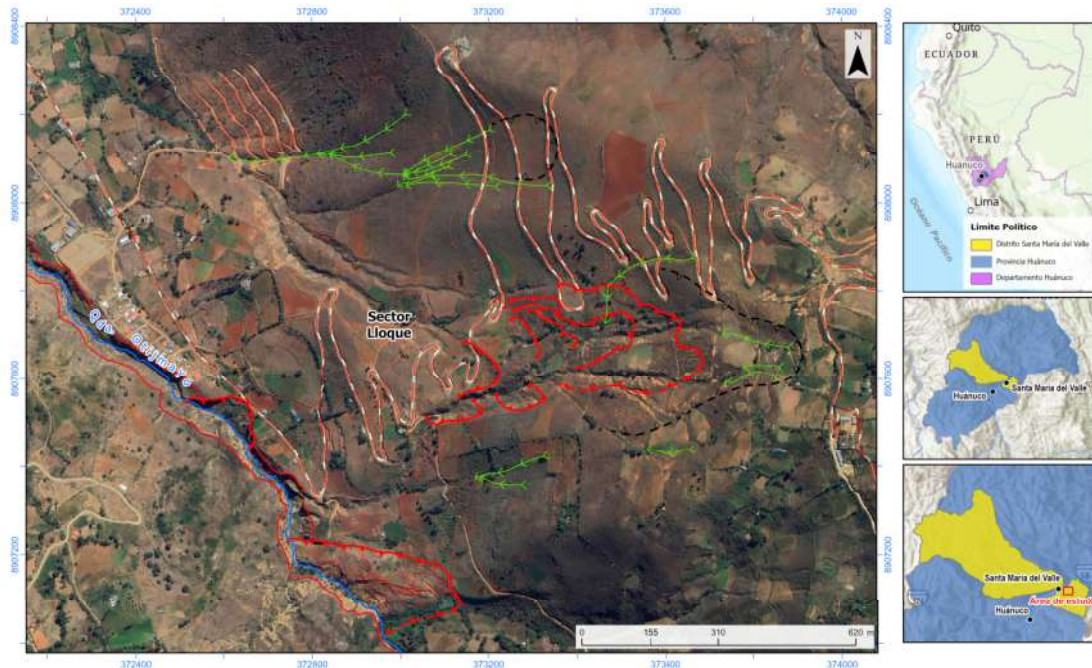


Figura 2. Ubicación del sector Lloque resaltada sobre una imagen satelital de Google Earth, mostrando su área rural.

1.3.2. Población

Según el censo 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la localidad de Lloque se caracteriza por tener una población heterogénea donde cada familia tiene características que le hacen particular.

La población vulnerable existente y asentada al pie de la ladera inestable por movimientos en masa, asciende a ~65 habitantes distribuidas en 23 viviendas aproximadamente.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (**Tabla 1**).

Tabla 1. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ingemmet (Lima) – Distrito Santa María del Valle (Huánuco)	Asfaltada y vía afirmada	385.4	08 horas y 37 min
Santa María del Valle – Sector Lloque	Trocha carrozable	2.5	10 min

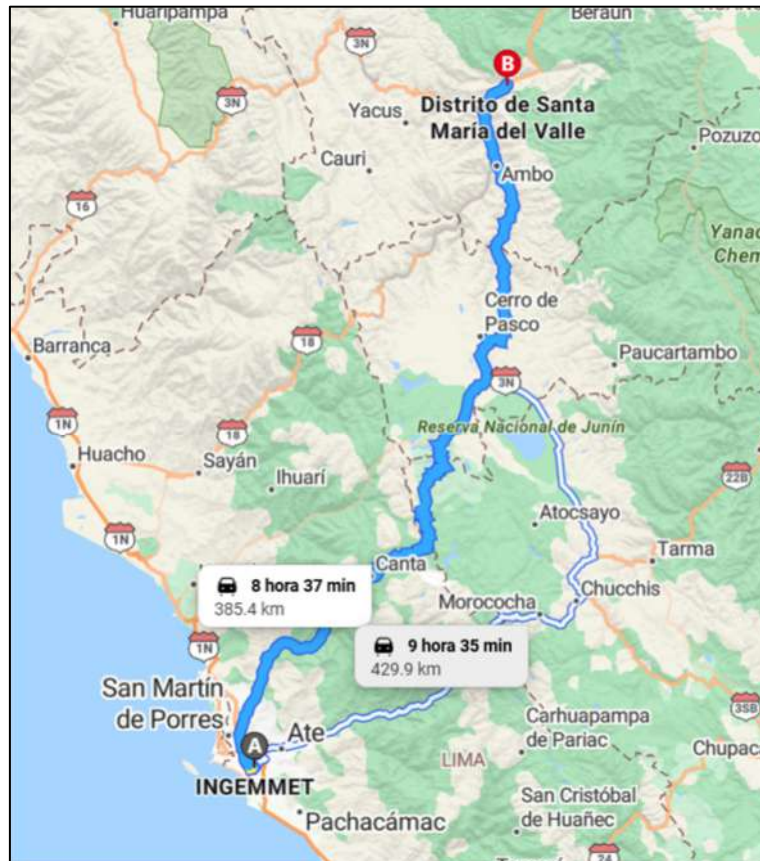


Figura 3. Accesibilidad desde Ingemmet (Lima) hasta el sector Lloque (Huánuco).

Fuente: <https://www.bing.com/maps>

1.3.4. Clima

Se tiene datos de precipitaciones diarias recopilados de los años 2021 al 2025, donde nos muestran que, el sector Lloque experimentó anomalías con concentraciones más altas registradas durante el periodo lluvioso de enero a abril. Estos valores máximos corresponden al mes de marzo, registrándose hasta 60 mm en 2023, mientras que para el 2025 hasta 32 mm, periodo donde las concentraciones más altas coinciden con las fechas en las que se reportaron reactivaciones de movimientos en masa en el sector de Lloque (**Figura 4**).

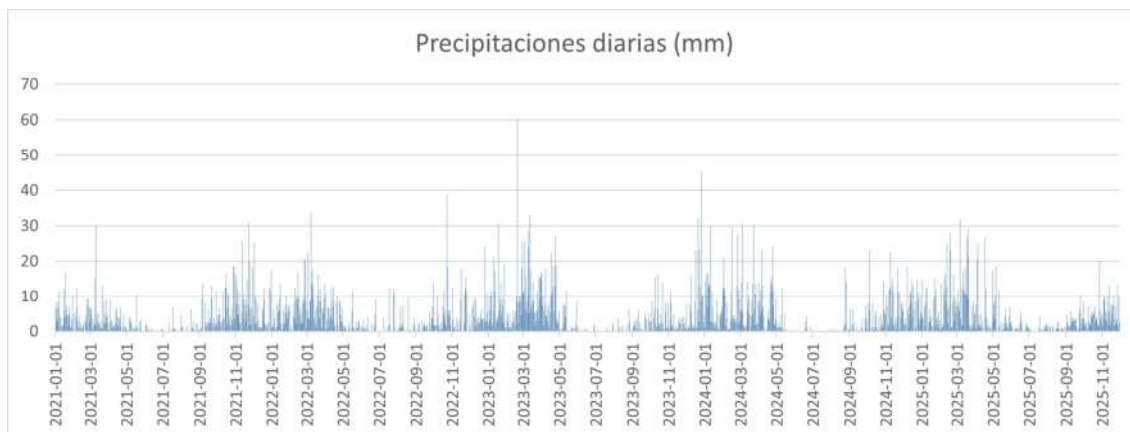


Figura 4. Precipitaciones diarias registrados en el sector Lloque.

Fuente: Landviewer, disponible en: <https://crop-monitoring.eos.com/weather-history>

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; es por ese motivo, considerando como base el libro de “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), se desarrolla algunas definiciones relevantes en términos sencillos como son:

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 zonas 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.

Corona. Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento de ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Derrumbe. Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, que involucra

desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan en laderas de montañas de fuerte pendiente y paredes verticales a subverticales en acantilados de valles encañonados. También se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de diferentes tipos de rocas; así como en depósitos poco consolidados.

Deslizamiento. Son movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud (Cruden, 1991). Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, puentes, bloqueo de ríos, etc.

Erosión de laderas. Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe. 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.

Factor condicionante. Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor 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.

Fractura. Corresponde a una estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Inactivo. Estado de actividad de un movimiento en masa en el cual la masa de suelo o roca actualmente no presenta movimiento, o que no presenta evidencias de movimientos en el último ciclo estacional (WP/WLI, 1993).

Inactivo latente. Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

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. Son procesos que incluyen todos aquellos movimientos ladera abajo, de una masa de rocas o suelos por efectos de la gravedad. Los tipos más frecuentes son: caídas, deslizamientos, flujos, vuelcos, expansiones laterales, reptación de suelos, entre otros. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo) como avalanchas y/o deslizamientos, hasta extremadamente lentos (menos de 16 mm por año) a imperceptibles como la reptación de suelos.

Peligros geológicos. Son procesos o fenómenos geológicos que podrían ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud. Daños a la propiedad, pérdida de medios de sustento y servicios, trastornos sociales y económicos o daños materiales. Pueden originarse al interior (endógenos) o en la superficie de la tierra (exógenos). Al grupo de endógenos pertenecen los terremotos, tsunamis, actividad y emisiones volcánicas; en los exógenos se agrupan los movimientos en masa (deslizamientos, aludes, desprendimientos de rocas, derrumbes, avalanchas, aluviones, huacicos, flujos de lodo, hundimientos, entre otros), erosión e inundaciones.

Susceptibilidad. Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

Talud. Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En este acápite se realizaron distintas mediciones en campo y finalmente apoyada con la información existente de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

3.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que intervienen intrínsecamente en los procesos de movimientos en masa y además constituyen el basamento como parte del substrato rocoso es: El Complejo del Marañón, tapizado por depósitos cuaternarios de origen coluvio-deluviales.

3.1.1. Complejo del Marañón

Esta unidad aflora extensamente en el área evaluada. Sus principales afloramientos se observan al oeste del cerro Pachamuña. Su litología consiste de esquistos micáceos color gris oscuro con tonalidades verdosas, en estructuras laminadas con aspecto astilloso que reflejan una esquistosidad y foliación bien definida. La presencia de las micas de muscovita en pátinas y finas capas centimétricas bandeadas, hacen que se comporten como planos de debilidad que ocasiona la reducción de la competencia del macizo rocoso. Estructuralmente, en la ladera media-superior, la dirección de buzamiento de los estratos paralelos a la foliación, coinciden en el mismo sentido de la pendiente (**Figura 5**).

El Complejo del Marañón conforma macizos rocosos con características geomecánicas de resistencia baja que oscilan entre 25 a 50 Mpa. Estos macizos se encuentran muy

fracturados, identificándose más de tres sistemas de discontinuidades, con espaciamientos que van de 1 a 15 cm y con aberturas milimétricas de 1 a 8 mm, además, se hallan muy meteorizadas en superficie (**Figura 5**).



Figura 5. Afloramiento rocoso del Complejo del Marañón en las inmediaciones del sector Lloque. Se observa esquistos, en estructuras muy fracturadas y altamente meteorizadas. Vista en dirección este.

3.1.2. Depósitos Cuaternarios

3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media-baja de la ladera oeste del cerro Pachamuña. Se trata de secuencias no consolidadas, con fragmentos heterométricos y polimícticos constituidos de bolones, gravas y gravilla de esquistos, inmersos en matriz limo-arenosa pobremente gradada. Sus fragmentos tienen formas subredondeadas a subangulosas con 5 a 30 cm de diámetro, aunque de manera aislada se observan bloques mayores a 40 cm de diámetro (**Fotografía 1**).

Por sus características físicas y geomecánicas, estas secuencias forman suelos inconsolidados con baja cohesión y poco competentes, ofreciendo baja resistencia al corte y a la erosión, el cual se disponen sobre una ladera con pendiente fuerte a muy fuerte, convirtiéndose en zonas altamente susceptibles a remoción en masa (**Fotografía 2**).



Fotografía 1. Corte de carretera donde expone depósitos coluvio-deluviales, ubicados en la ladera media del cerro Pachamuña, en el sector Lloque.



Fotografía 2. Detalle del depósito coluvio-deluvial adosado sobre la ladera baja del cerro Pachamuña, cerca del sector Lloque.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

El análisis de la pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa, ya que actúa como factor condicionante y morfodinámico en el desarrollo y propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van terrenos llanos (0° a 1°), con pendiente suave (1° a 5°); pendiente moderada (5° a 15°); pendiente fuerte (15° a 25°); pendiente muy fuerte a escarpado (25° a 45°); finalmente, terreno como muy escarpado (> a 45°).

Para la zona evaluada se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital (DEM) de 30 m de resolución. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el sector Lloque oscilan entre las pendientes moderadas de 5° a 15°, fuertes 15° a 25°, muy fuertes 25° a 45° (**Figura 6**).

De acuerdo al relieve, el sector Lloque se encuentra asentada en una pendiente que oscila entre 5° a 45°, y su expansión rural se desarrolló sobre una ladera con pendiente suave a moderado de 1° a 15° (**Fotografía 3**).

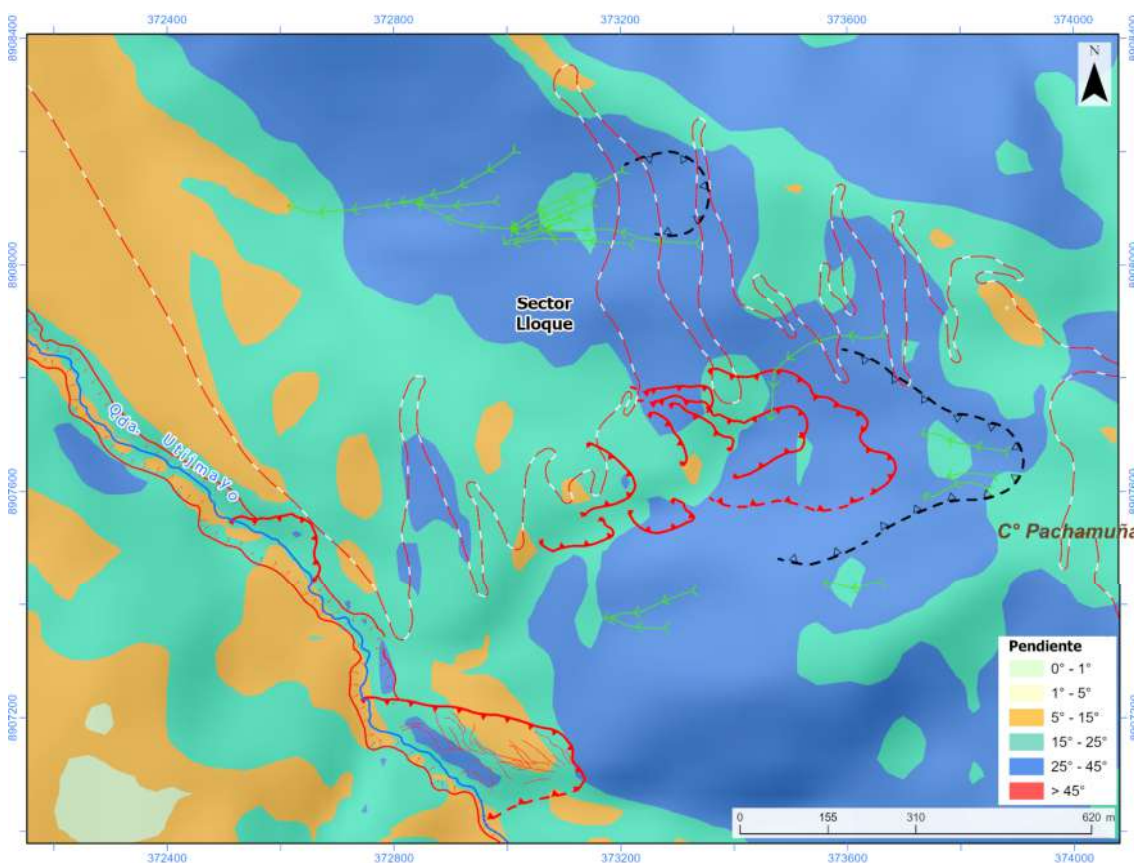


Figura 6. Pendientes del terreno en el sector Lloque, donde se muestra la relación directa de la pendiente con los escarpes del deslizamiento antiguo y eventos recientes.



Fotografía 3. Morfología escalonada a ondulada de la ladera oeste del cerro Pachamuña, donde se muestra la ladera media-superior con pendientes fuertes a muy fuertes, mientras que, en la parte inferior suaves a moderados. Vista en dirección al este.

4.2. Unidades geomorfológicas

En la zona de estudio se identificaron dos unidades geomorfológicas: Relieves montañosos labrado en rocas metamórficas y vertiente coluvio-deluvial.

4.2.1. Montaña en roca metamórfica (ME-rm)

Relieve labrado en rocas metamórficas del Complejo del Marañón, que se extiende ampliamente a lo largo de la ladera oeste del cerro Pachamuña. Su ladera presenta una morfología algo escalonada y ondulada con geometría cóncava y convexa, resultado de procesos geológicos antiguos que moldearon el relieve.

Su cima, el cerro Pachamuña tiene un desnivel casi de ~700 m respecto al pie de la ladera, coincidente con la quebrada Utijmayo. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación¹ y levantamiento que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. La ladera aloja vertientes coluvio-deluviales dispuestas sobre pendientes de moderado a muy fuertes, que, en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de movimientos en masa (**Figura 7**).

¹ Proceso geológico y tectónico que implica levantamiento y el ascenso de rocas de la corteza hacia la superficie (England & Molnar, 1990).



Figura 7. Al fondo se observa un sistema montañoso (cerro Pachamuña) labrado en roca metamórfica, mientras que, la vertiente coluvio-deluvial se muestra en la ladera media-baja. Vista en dirección este.

4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte media-baja de la ladera oeste del cerro Pachamuña, en el sector Lloque. Estos depósitos han sido originados por la acumulación de materiales removidos por un deslizamiento antiguo, cuya geoforma resultante condujo a la formación de una vertiente coluvio-deluvial alojada al pie de la ladera, su geometría presenta concavidades y convexidades del terreno con morfología escalonada y ondulada. La pendiente varía desde moderado a muy fuerte entre 15° a 45° de inclinación (**Figuras 8 y 9**).



Figura 8. Vertiente coluvio-deluvial dispuesto en la ladera media del cerro Pachamuña en el sector Lloque. Vista en dirección suroeste.



Figura 9. Vertiente coluvio-deluvial derivado de deslizamientos antiguos, adosado sobre la ladera pronunciada del cerro Pachamuña. Vista en dirección este.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el área estudiada se identificaron y cartografiaron procesos de movimientos en masa, lo que configuran como peligros geológicos, según la clasificación sugerida por el “Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007”.

La caracterización de los movimientos en masa tanto antiguos como recientes, se llevó a cabo mediante un análisis detallado del ráster *Red Relief Image Map* (RRIM, de Chiba et al., 2008), a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 30 m de resolución. Se trata de una técnica moderna de modelamiento de visualización tridimensional del relieve, mediante una escala cromática usando colores con tonos rojos para simular variaciones de la pendiente topográfica, concavidades y convexidades en un mismo entorno morfodinámico. Esto facilita la delimitación de geoformas asociadas a procesos geodinámicos y permite resaltar rasgos importantes del terreno (**Figura 10A**).

De acuerdo con el RRIM, en el sector Lloque se observa un relieve abrupto que revela una intensa actividad geodinámica, tanto pasada como reciente que afectó la ladera oeste del cerro Pachamuña (**Figura 10A**).

En la figura 10, destaca la presencia de un primer evento geodinámico correspondiente a un deslizamiento antiguo, que afectó gran parte de la ladera oeste del cerro Pachamuña. Su escarpe se interpretó a partir de los rasgos morfológicos que resaltan en el RRIM y en la imagen satelital, el cual muestra una forma irregular que recorre de manera cóncava el cerro Pachamuña. El depósito producto de este deslizamiento antiguo, experimenta procesos geodinámicos recientes, manifestándose a través de deslizamientos activos que ponen en evidencia la fuerte actividad morfodinámica en dicha ladera (**Figura 10A**).

Estos deslizamientos se desarrollan a manera de múltiples cuerpos aislados y contiguos que afectan tanto en la parte superior y al pie de la masa deslizada del antiguo deslizamiento. Estos fenómenos revelan la magnitud del evento, que compromete la estabilidad estructural de la ladera previamente modificada antropológicamente (**Figura 10B**).

Los resultados de la inspección en campo se detallan a continuación.

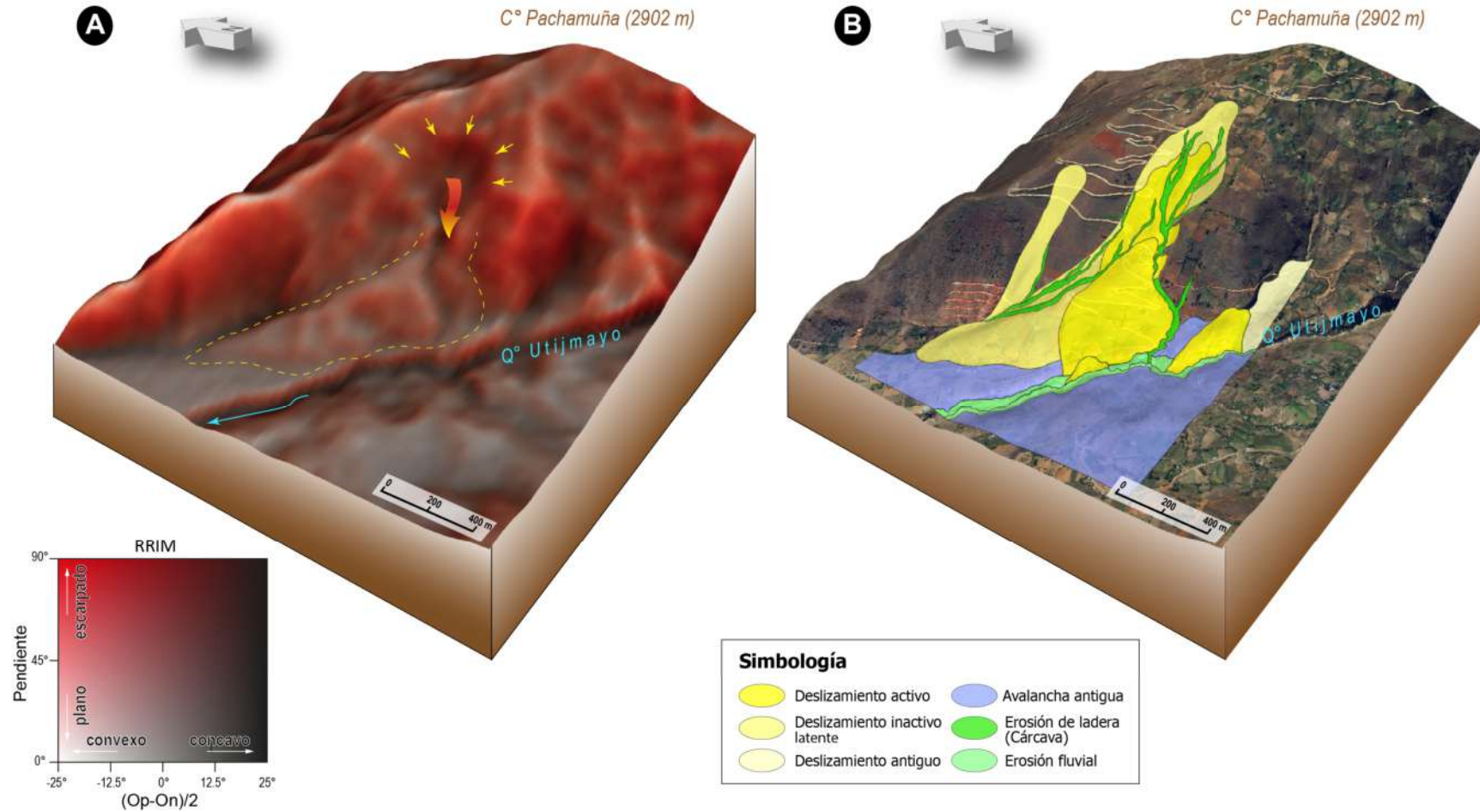


Figura 10. Blocks diagrams tridimensionales, donde se muestra los procesos geodinámicos antiguos y recientes en el sector Lloque. A) Ráster RRIM donde se observa el escarpe (flechas amarillas) del deslizamiento antiguo y el depósito acumulado (líneas discontinuas) al pie de la ladera y sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo. B) Se muestra la cartografía de peligros geológicos actualizada, sobre imagen satelital de Google Earth.

5.1. Movimientos en masa

5.1.1. Deslizamiento antiguo

En la ladera oeste del cerro Pachamuña se produjo un deslizamiento que involucró gran extensión de ~53 Ha y volumen considerable de rocas esquistosas del Complejo del Marañón, que previamente fueron condicionadas por una fuerte foliación y posteriormente triturados por la actividad tectónica pasada.

La geometría y los rasgos morfológicos que resaltan en el RRIM, sugieren que el deslizamiento antiguo, tuvo un mecanismo de movimiento del tipo rotacional con flancos algo apretados, lo que indica una influencia directa con la estructura geológica y las condiciones geomecánicas de un substrato muy fracturado y meteorizado (**Figura 10A**). Este proceso movilizó material, desplazándolo ladera abajo hasta depositarse en la zona media-inferior de la ladera del cerro Pachamuña.

El deslizamiento antiguo presenta un escarpe de forma irregular de longitud ~0.8 km y salto vertical de ~30 m. El escarpe principal configura una zona con una morfología algo cóncava. La traza del escarpe exhibe una geometría semicircular y morfología irregular con aspecto rugoso que se distingue en el cerro Pachamuña (**Figura 11**).

En el depósito de este deslizamiento antiguo, cuya morfología ondulada y escalonada, con pendientes pronunciadas, se desarrollan deslizamientos activos (**Figura 11**).

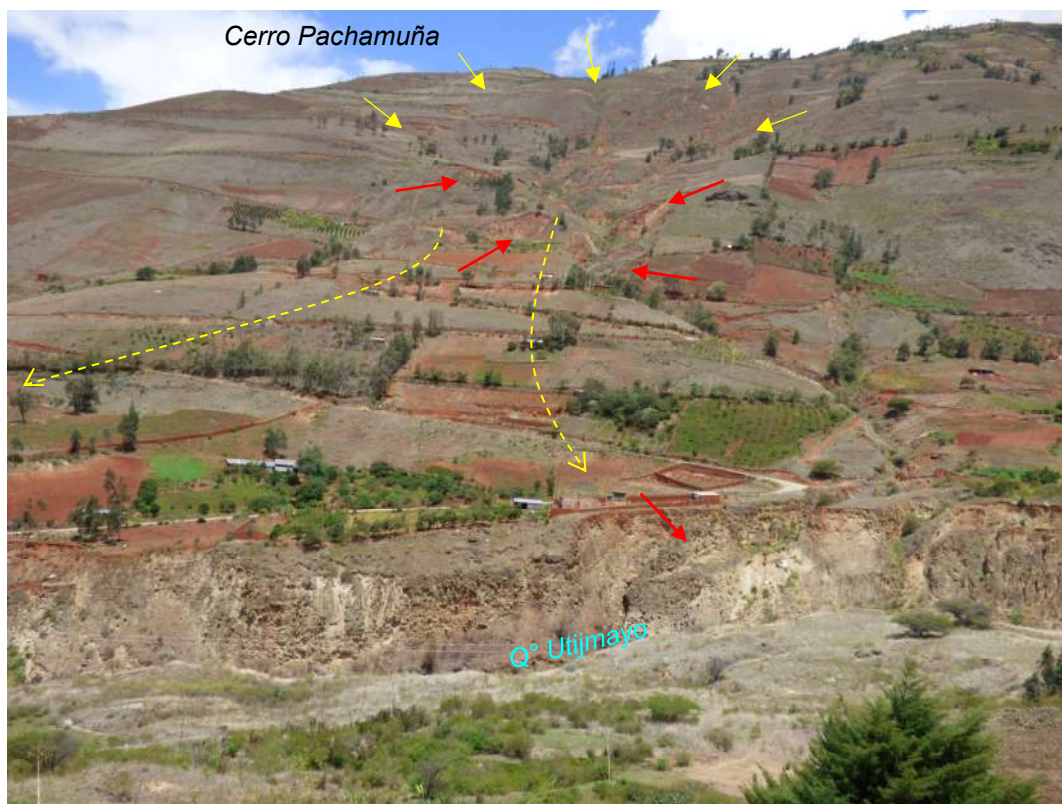


Figura 11. Características geomorfológicas del deslizamiento antiguo y su escarpe principal (indican las flechas amarillas), donde actualmente se generan deslizamientos activos (flechas rojas), hacia la parte media y distal del depósito antiguo. Vista en dirección este.

5.1.2. Deslizamientos activos

Como peligro principal, se identificó un deslizamiento compuesto, el cual se distingue por un cuerpo de masa afectado por múltiples escarpes, concentrándose principalmente en la parte media-superior de la ladera oeste del cerro Pachamuña. Dicho deslizamiento, involucra terrenos coluvio-deluviales provenientes de un antiguo deslizamiento (**Figura 12**).

El deslizamiento compuesto denominado (D1), presenta un escarpe principal y múltiples escarpes secundarios denominados (E1), (E2) y (E3) que afectan la zona de hundimiento. Además, se observa un deslizamiento (D2) al pie de la ladera y pequeños deslizamientos (D4) y (D5) en el flanco lateral. El deslizamiento (D3) se desarrolla de manera aislada sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo (**Figuras 12 y 13**).

El deslizamiento principal (D1) compromete un área de 32 Ha, presenta una geometría circular elongada, acentuándose más en la corona con ancho de 230 m y en el pie 450 m. Su escarpe principal se origina en la cota 2630 m s.n.m. y tiene una morfología semicircular y cóncava con longitud de 780 m (**Figura 13**).

Los escarpes secundarios representan deslizamientos de menor extensión afectando la masa principal del cuerpo del deslizamiento. El escarpe (E1) tiene una geometría sinuosa y discontinua que recorre una longitud de 365 m. El flanco derecho del escarpe se proyecta peligrosamente hacia la trocha que se dirige hacia el poblado de Mirachi (**Figura 14**). Por su parte, el escarpe (E2) tiene una forma semicircular con longitud 150 m. Este escarpe presenta un salto vertical de 1 a 2 m, afecta un área de 1.4 Ha y podría comprometer 20 m lineales de trocha vecinal (**Fotografías 4, 5 y 6**). Mientras que, el escarpe (E3) de forma semicircular tiene longitud de 225 m, afecta un área de 4.8 Ha y compromete 1.2 km de vía vecinal y parcelas de cultivo (**Fotografía 7**).

Por otro lado, al pie del cuerpo principal del deslizamiento activo, se registra otro deslizamiento (D2) de pequeñas dimensiones, involucra un área de 5.5 Ha. Este evento se ubica sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo, y compromete 50 m lineales la parte lateral de la vía vecinal (**Figura 13**). En la corona se observan grietas de longitud 8 m, con desplazamiento horizontal del terreno de hasta 40 cm, lo que indica que el movimiento sigue activo con avance retrogresivo y ascendente. Si persisten las condiciones que detonaron dicho evento, destruiría totalmente la vía vecinal, impidiendo el acceso vehicular al poblado de Mirachi (**Fotografía 8**).

Por su parte, de forma aislada se registra un deslizamiento (D3) al pie de la ladera del cerro Pachamuña y sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo. Afecta un área de 9.7 Ha (**Figura 13**). Su escarpe principal tiene una forma semicircular con flancos algo cerrados que recorre una longitud de 650 m hasta llegar a la quebrada Utijmayo. En el cuerpo del deslizamiento se registran múltiples grietas de tensión, tanto transversales como longitudinales, lo que relevan que el movimiento aún permanece activo (**Fotografía 13E**). Si se mantienen las condiciones desfavorables, en un futuro podría colapsar la ladera y obstruir completamente el cauce de la quebrada, generando posteriormente un desembalse violento que comprometería las viviendas que se encuentran aguas abajo. Esto se podría manifestar en épocas de fuertes precipitaciones.

Sobre el flanco izquierdo del deslizamiento (D1) se produjeron pequeños deslizamientos (4) y (5) que reflejan la inestabilidad de la ladera (**Figura 13**). El (D4) tiene un escarpe semicircular de 190 m y compromete un área de 0.37 Ha (**Fotografía 9**), mientras que el (D5) presenta un escarpe de 176 m e involucra 0.33 Ha.

En conjunto, estos procesos de movimientos en masa producidos recientemente revelan una clara inestabilidad de la ladera y rompen el equilibrio estructural y natural de una ladera ya intervenida antropológicamente con la construcción de la trocha carrozable.

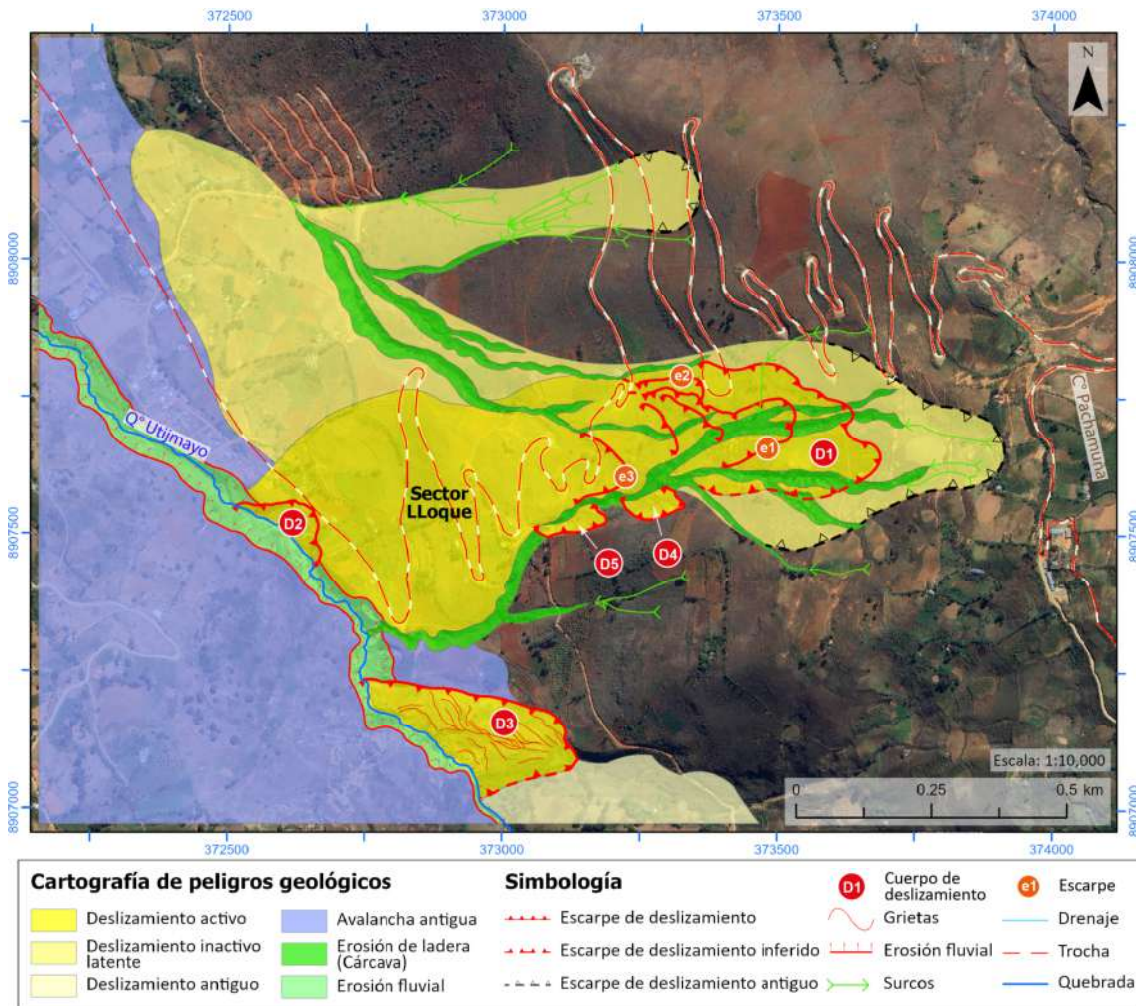


Figura 12. Cartografía de peligros geológicos por movimientos en masa, donde se muestra el cuerpo principal del deslizamiento compuesto activo, que involucra terrenos coluvio-deluviales en la ladera del cerro Pachamuña. Su escarpe principal está representado por la línea color rojo. Nótese, las viviendas asentadas al pie del deslizamiento.

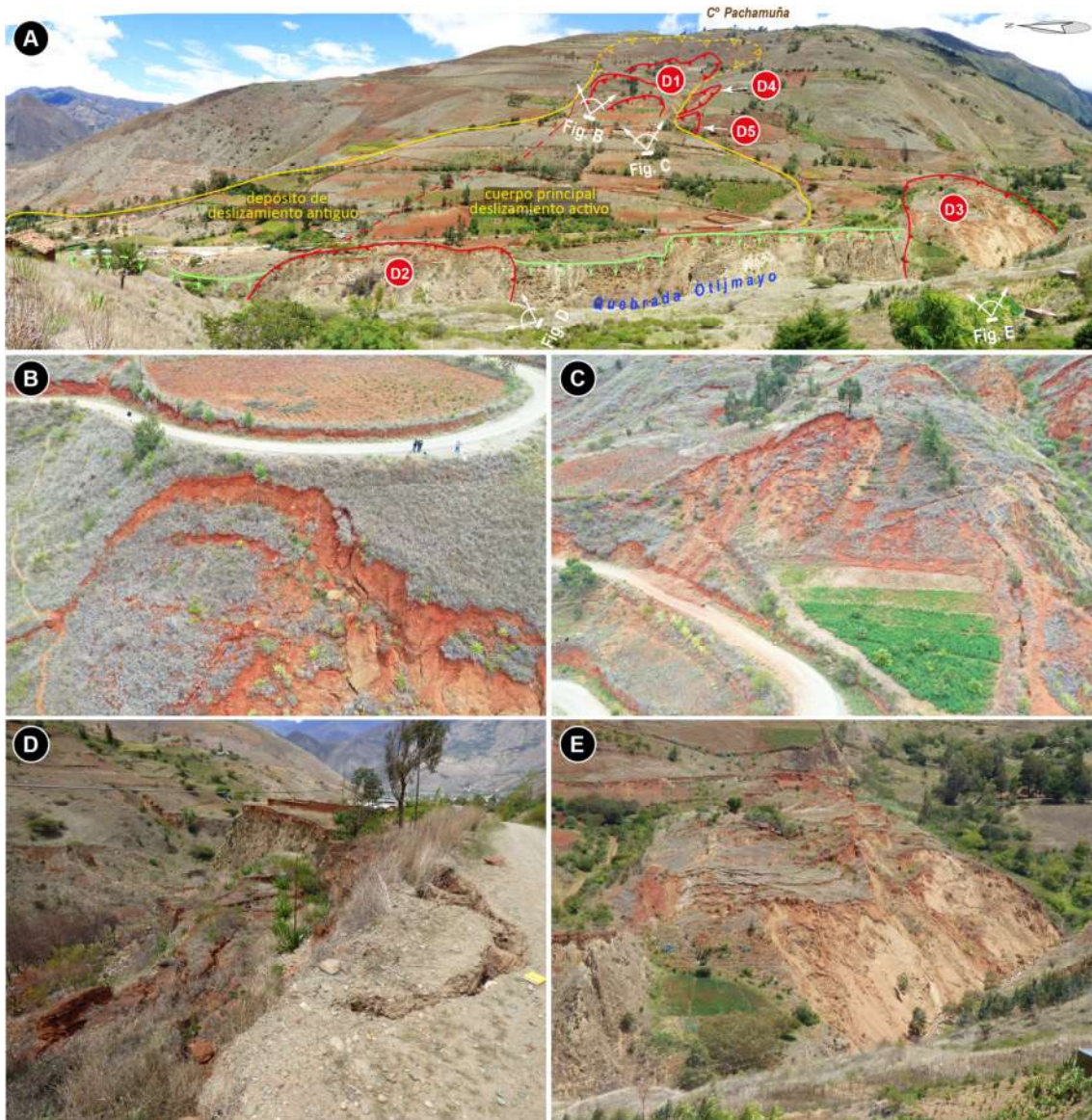


Figura 13. A) Vista panorámica donde se observa el deslizamiento compuesto activo de Lloque y sus escarpes múltiples en la ladera del cerro Pachamuña. B) Detalle del escarpe (e2) en la parte superior. C) Escarpe (e3) que compromete vía vecinal y terrenos agrícolas. D) Deslizamiento (D2) con avance retrogresivo que afecta la vía vecinal. E) Deslizamiento (D3) al pie del cerro Pachamuña sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo.



Figura 14. Detalle del deslizamiento compuesto y principal (D1) y los múltiples escarpes (e1), (e2) y (e3) sobre la ladera del cerro Pachamuña. Vista panorámica en dirección este.



Fotografía 4. Escarpe (e2) y su propagación hacia la parte superior de la ladera. Nótese, el límite del escarpe a pocos metros de la trocha carrozable. Vista área en dirección este.



Fotografía 5. Grieta profunda sobre el escarpe (E2) que compromete la vía vecinal que se dirige hacia el poblado Mirachi. Vista en dirección sureste.



Fotografía 6. Grieta que atraviesa transversalmente la vía vecinal. La zona representa la proyección lateral del escarpe (E2).



Fotografía 7. Escarpe (e3) dentro del cuerpo principal del deslizamiento, que afecta la trocha carrozable y terrenos agrícolas. Vista área en dirección norte.



Fotografía 8. Deslizamiento (D2) sobre la margen derecha de la quebrada Utijmayo. Se observa una grieta profunda que evidencia el estado activo y el avance retrogresivo que compromete la vía vecinal hacia el poblado de Mirachi. Vista en dirección noroeste.



Fotografía 9. Deslizamiento (D4) que afecta el flanco izquierdo del deslizamiento principal (D1) de la ladera del cerro Pachamuña. Vista área en dirección noreste.

5.1.2.1. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológico	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato rocoso constituido por esquistos del Complejo del Maraón que se encuentran muy fracturados y altamente meteorizados. Estas rocas se caracterizan por presentar macizos incompetentes altamente inestables asociadas, al origen de procesos gravitacionales. • Depósito coluvio-deluvial inconsolidado poco resistente al corte y de baja cohesión, proveniente de antiguo deslizamiento que se emplaza en la ladera oeste del cerro Pachamuña, el cual las convierten en zonas inestables que propician la generación, desarrollo y reactivación de deslizamientos.
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Los deslizamientos se producen en la parte media de la ladera de montaña pronunciada con pendientes que varían de 15° a 45°. • Los deslizamientos se emplazan dentro de geoformas de vertiente coluvio-deluvial, el cual presenta un relieve escalonado algo ondulado con pendientes que van de moderado a muy fuerte de 15° a 45°.

5.1.2.2. Factores desencadenantes

Los principales factores desencadenantes que están asociadas a la ocurrencia de movimientos en masa se detallan a continuación.

Tabla 3. Factores desencadenantes de los movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente registradas entre los meses de enero a abril.
Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la parte media-alta de la ladera y desembocan en el cuerpo del deslizamiento principal. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales, ocasionando la sobresaturación del terreno inestable.
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> • La ocurrencia de sismos superficiales podría desestabilizar la ladera dispuesta sobre pendientes muy pronunciadas, provocando el desarrollo y aceleración del desplazamiento de la masa de los deslizamientos.
Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes de carretera sin cunetas revestidas que afectaron la parte media-baja de la ladera oeste de Pachamuña, el cual ocasionaron inestabilidad del talud y pérdida progresiva del equilibrio estructural y natural. • Uso de suelo inadecuado y riego por gravedad no tecnificado que sobresatura el terreno, el cual ocasiona pérdida progresiva de la resistencia al corte de los materiales. • Almacenamiento de agua en reservorios artesanales pobremente revestidos, que provocan infiltración hacia el suelo, en zonas aledañas a deslizamientos.



Fotografía 10. Al fondo se observa terrenos agrícolas con árboles frutales que requieren grandes cantidades de agua. La práctica de riego por gravedad ocasiona saturación del terreno, el cual induce a la pérdida progresiva de la resistencia al corte del suelo.



Fotografía 11. Plantación de cultivos de frutas con prácticas de riego por gravedad, ubicados al pie de la ladera y del deslizamiento principal.



Fotografía 12. Reservorio artesanal de 4 m x 2 m póbrememente revestido para el almacenamiento de agua, ocasionan sobresaturación del suelo. Se ubica a 3 m de escarpe principal del deslizamiento (D2).



Fotografía 13. Corte de carretera sobre la ladera media-baja del cerro Pachamuña, el cuál ocasiona pérdida progresiva del equilibrio estructural de dicha ladera.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo y la evaluación de peligros geológicos, se emiten las siguientes conclusiones.

- 1) En el sector Lloque, el substrato rocoso está constituido por rocas metamórficas del Complejo del Marañón. Cuya litología está compuesta por esquistos de cuarzo y micas y filitas de color gris verdoso, con una foliación bien marcada, atribuida al Complejo del Marañón. Sus macizos presentan características físicas de resistencia media a baja y se encuentran muy fracturadas y superficialmente se hallan altamente meteorizados, dándole un aspecto fragmentado y triturado al macizo, el cual predispone a la generación de movimientos en masa.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales están conformadas por acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos de bolones, gravas y gránulos envueltos en matriz limo arenosa, provenientes del antiguo deslizamiento, caracterizado por sus propiedades geomecánicas poco cohesivas y de baja resistencia al corte y a la erosión.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre un sistema montañoso, caracterizado por un relieve abrupto, con pendientes entre 15° a 45°. Las geoformas resultantes como vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias al oeste del cerro Pachamuña. Estas condiciones morfológicas han propiciado la evolución y desarrollo del deslizamiento de Lloque.
- 4) Los resultados de la evaluación y el análisis del ráster del *Red Relief Image Map* (RRIM) nos revelan la existencia de un deslizamiento antiguo de gran extensión (53 ha) y volumen considerable que afectó gran parte la ladera oeste del cerro Pachamuña. Sobre este depósito se desarrolla actualmente un deslizamiento compuesto en estado activo, el cual se distingue por un cuerpo de masa afectado por múltiples escarpes, concentrándose principalmente en la parte media-superior de la ladera. Dicho deslizamiento, afecta terrenos agrícolas, trocha carrozable y compromete las viviendas asentadas al pie del deslizamiento. Además, se manifiestan deslizamientos menores alojados en la zona distal y flanco izquierdo del deslizamiento de gran escala, lo que pone en evidencia la dinámica activa del evento.
- 5) Los factores desencadenantes se atribuyen principalmente a las fuertes precipitaciones reportadas en el mes de marzo (2025), periodo donde se produce la mayor infiltración hídrica. El riego por gravedad usado para los cultivos ocasiona saturación del suelo e induce a la pérdida de cohesión y resistencia al corte de los materiales. Además, la intervención antrópica a través de cortes de carretera en la parte media-baja de la ladera, ocasiona reducción progresiva del equilibrio estructural.
- 6) De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al caserío Lloque como **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el caserío Lloque.

No estructurales: Transversales a autoridades y población

- 1) Elaborar la Evaluación de Riesgos (EVAR) por deslizamiento con los insumos (mapas a detalle) presentados en el presente informe, con la finalidad de determinar el nivel de riesgo de los elementos expuestos en el caserío Lloque. Este informe deberá determinar las medidas correctivas definitivas que atenúen el peligro.
- 2) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la Gestión del Riesgo de Desastres de la Municipalidad Distrital de Santa María del Valle.
- 3) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 4) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos o procesos de reactivación de los mismos en caso enfrentara la población de Lloque.
- 5) Control del agua superficial y subterránea con el objetivo de disminuir sus efectos y las fuerzas que producen el movimiento del deslizamiento y aumentar las fuerzas de resistencia de la ladera.
- 6) Suspender definitivamente el riego por gravedad en zonas agrícolas. Implementar riego más tecnificado corroboradas por el Ministerio de Agricultura.
- 7) Sellar los agrietamientos con materiales arcillosos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- 8) Reforestar la ladera con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos incompetentes.
- 9) Prohibir la construcción de nuevas viviendas o infraestructura en zonas afectadas por deslizamientos activos.
- 10) Implementar un sistema de monitoreo permanente mediante instrumentación (puntos de control topográficos, extensómetros y otros) complementado con registros periódicos de agrietamientos y asentamientos.

Estructurales

Con fines de estabilización de la ladera:

La estabilización de los deslizamientos activos y potencialmente inestables, es un trabajo relativamente complejo que requiere de metodologías especializadas de diseño y construcción, es por ello, que las medidas de mitigación que se recomiendan en el presente informe deben ser ejecutados por profesionales especialistas entendidos en la materia.

1. Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo de los deslizamientos y alrededores.
2. Construir drenajes tipo espina de pez, con canales de mangueras flexibles o tuberías de PVC. Un primer canal en la parte superior con la finalidad de interceptar el escurrimiento en la zona de mayor pendiente (cambio de pendiente); el segundo canal en la parte media con la finalidad de evitar la infiltración de las aguas en la masa que actualmente se viene desplazando, las que podría detener en parte el avance de los deslizamientos. Los canales deben desembocar a un canal longitudinal con la finalidad de conducir el agua de escorrentía hacia la quebrada Utijmayo.
3. Construir zanjas de coronación (impermeabilizadas) ubicadas en la cabecera del deslizamiento activo, a fin de coleccionar las aguas de las lluvias y drenarlas hacia una quebrada alterna o por canales de derivación, con el objetivo de evitar que estas se infiltren en las grietas y escarpes.
4. Construir zanjas de desvíos de aguas en los flancos del deslizamiento con la finalidad de coleccionar las aguas de las lluvias y las transporte hacia la parte externa del deslizamiento, de manera que no se vea afectado el deslizamiento.
5. Revestir las cunetas de la trocha carrozable, para evitar la infiltración del agua pluvial al subsuelo.

8. BIBLIOGRAFÍA

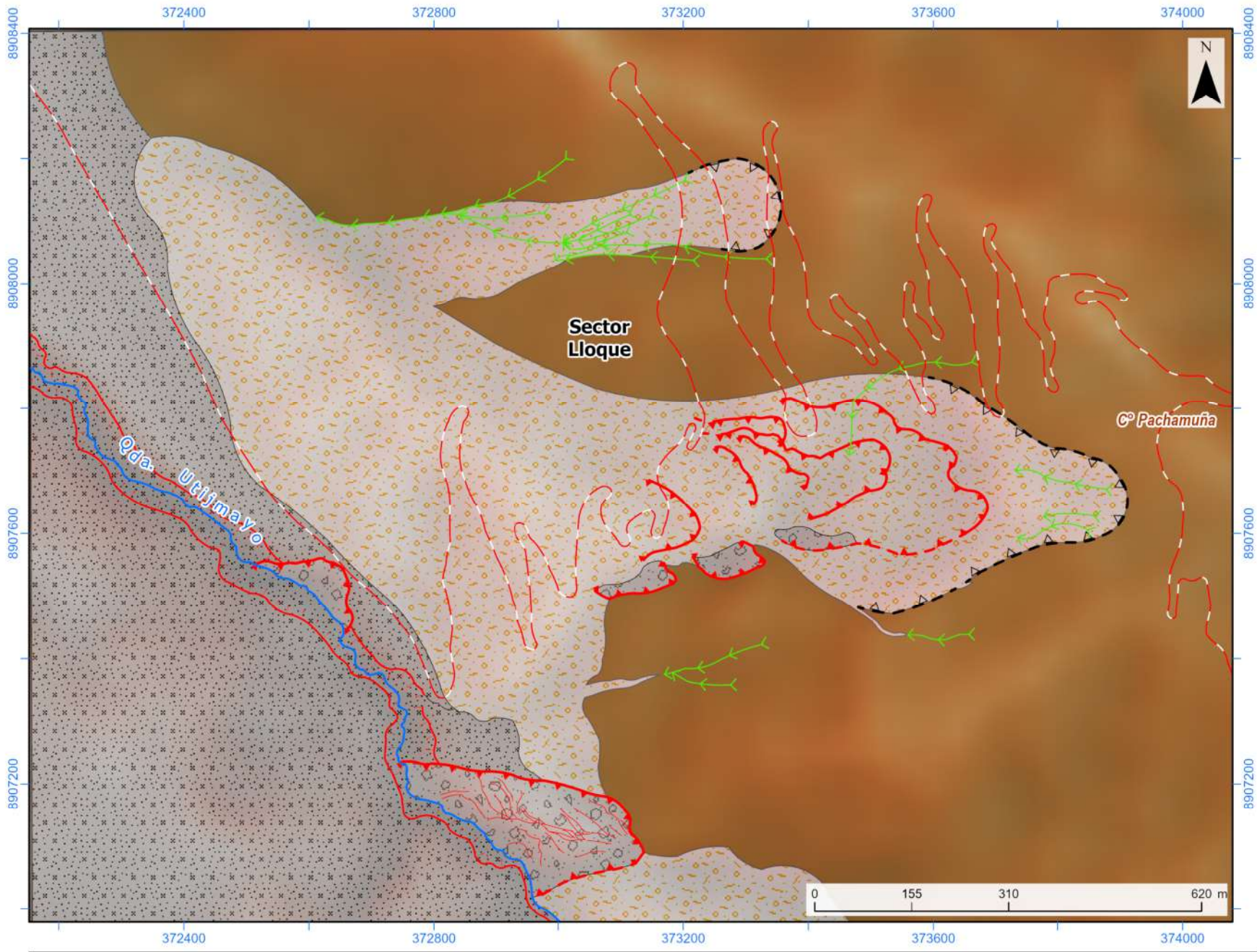
- Chiba, T.; Kaneta, S.; Suzuki, Y. (2008). Red relief image map: new visualization method for three dimensional data. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci* 37:1071–1076.
- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., *Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247*, p. 36-75.
- Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slope: *Canadian Geotechnical Journal*, v. 30p.
- England, P. & Molnar, P. (1990). Surface uplift, uplift of rocks, and exhumation of rocks. *Geology*, v18, p. 1173-1177. DOI:10.1130/0091-7613(1990)018<1173:SUUORA>2.3.CO;2.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 23, 330 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2017). Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017: XII de Población; VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- ISRM (1981). Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock masses: *International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci. & Geomech. Abstr. V. 18*, p. 85-110.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI (2020). *Mapa de clasificación climática del Perú (Texto)*. Lima, Perú.
- Suárez Díaz, J. (2007). *Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1a ed.)*. Erosion.com.
- WP/WLI, (1993). A suggest method for describing the activity of a landslide: *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, N°47. p. 53-57.
- Zavala, B.; & Vílchez, M. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

ANEXO 1: MAPAS
MAPAS DEL CASERÍO LLOQUE

Mapa 01: Mapa Geológico

Mapa 02: Mapa Geomorfológico

Mapa 03: Mapa de Cartografía de Peligros Geológicos



Unidades litoestratigráficas

- Depósitos Proluviales
- Depósitos Coluviales
- Depósitos Coluvio-deluviales
- Complejo del Marañón

Simbología

- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Grietas de tracción
- Erosión fluvial
- Surcos
- Drenaje
- Trocha
- Quebrada

INGEMMET
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

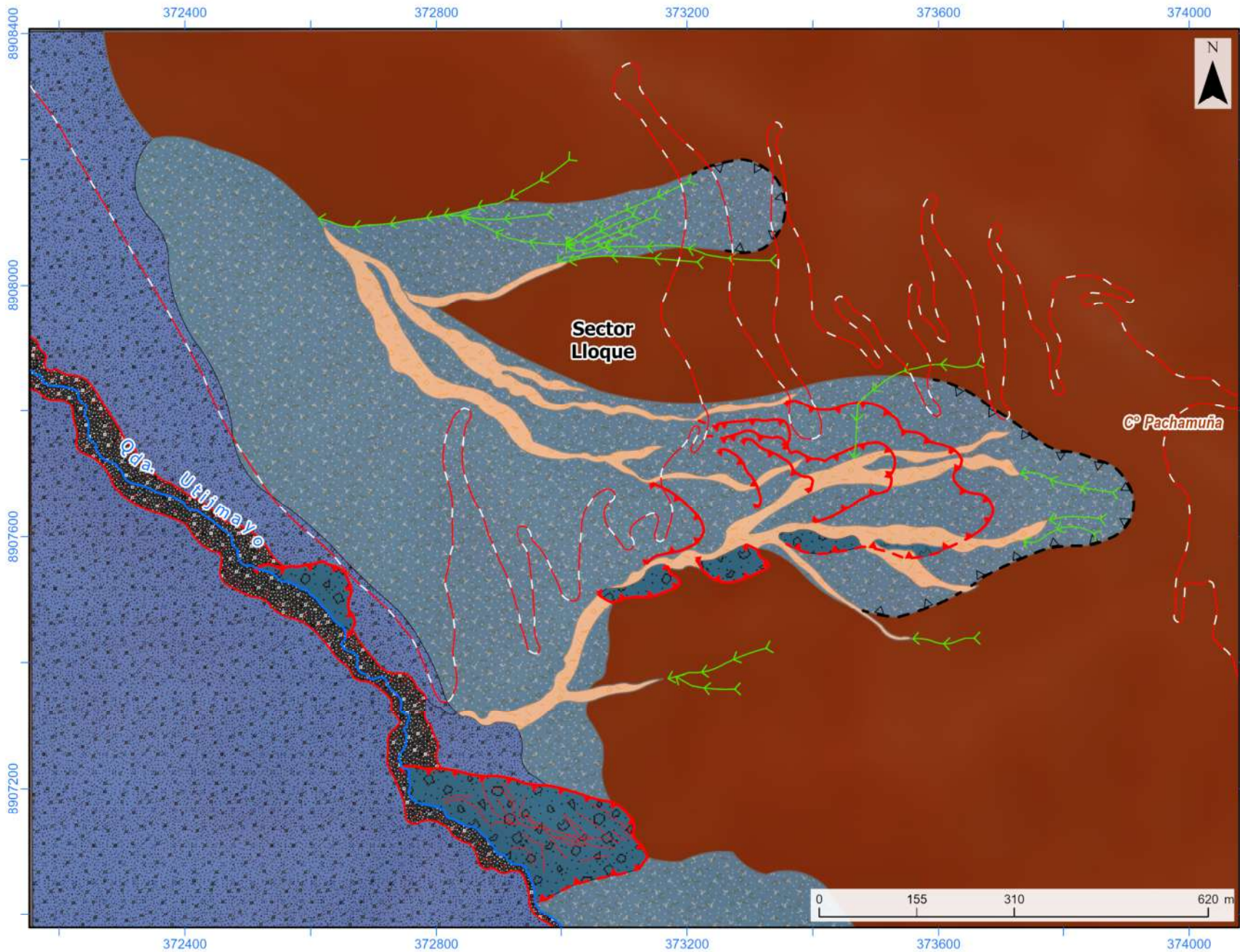
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLOGICO**

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la
evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geológico

Datum: UTM WGS84, Zona 18a
Versión digital: año 2025. Versión impreso: 2025

01



Unidades geomorfológicas

	Montaña en roca metamórfica		Piedemonte proluvial ó aluviotorrencial
	Vertiente coluvio-deluvial		Socavamiento y erosión fluvial
	Vertiente coluvial		Cárcava

Simbología

	Escarpe de deslizamiento		Grietas de tracción		Drenaje
	Escarpe de deslizamiento inferido		Erosión fluvial		Trocha
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Surcos		Quebrada

INGEMMET
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

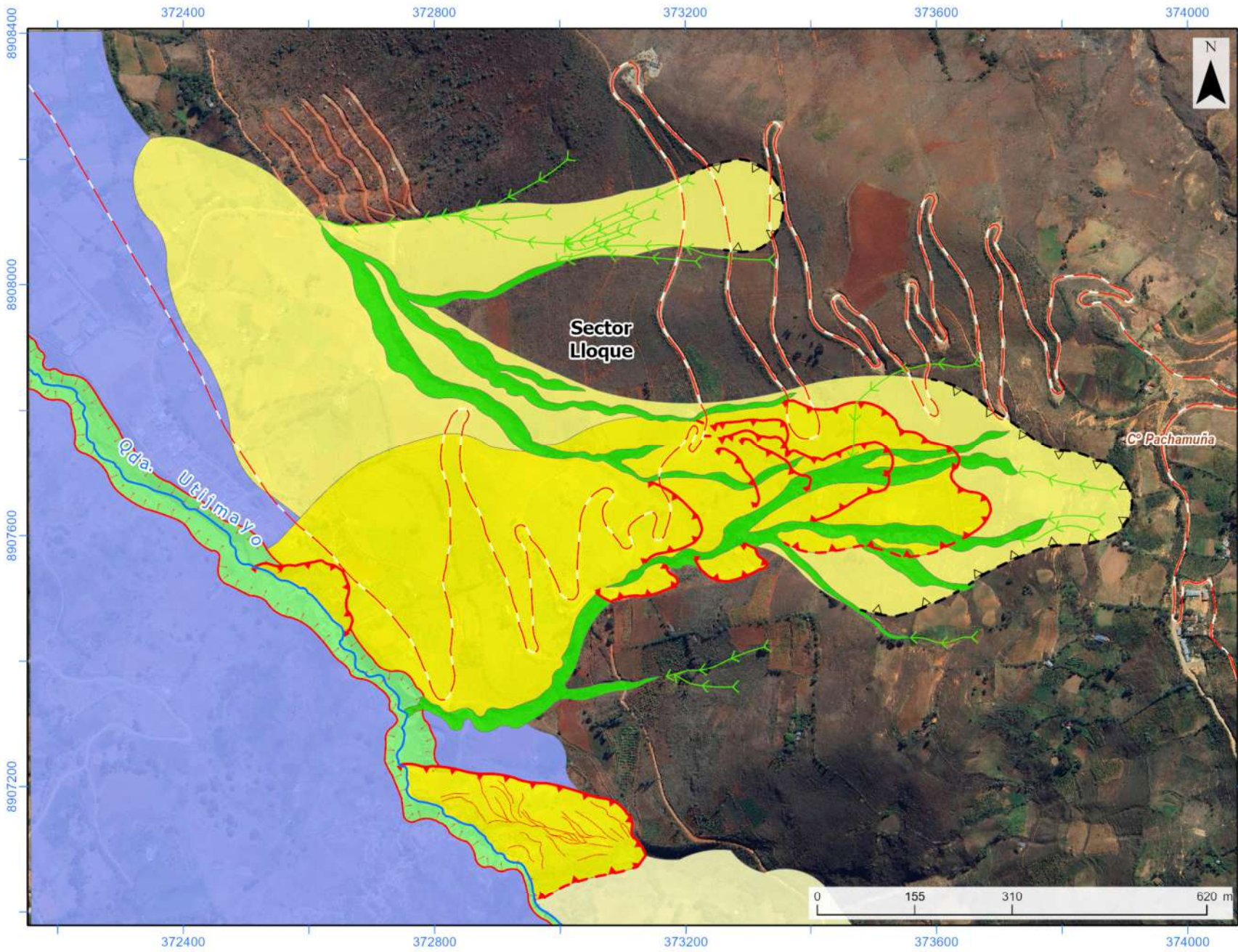
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Mapa Geomorfológico

Datum: UTM WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2025. Versión impreso: 2025

02



Cartografía de peligros geológicos

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Deslizamiento activo | Avalancha antigua |
| Deslizamiento inactivo latente | Erosión de ladera (Cárcava) |
| Deslizamiento antiguo | Erosión fluvial |

Simbología

- | | | |
|-----------------------------------|---------------------|----------|
| Escarpe de deslizamiento | Grietas de tracción | Drenaje |
| Escarpe de deslizamiento inferido | Erosión fluvial | Trocha |
| Escarpe de deslizamiento antiguo | Surcos | Quebrada |

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT16: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional

Cartografía de peligros Geológicos

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
 Versión digital: año 2025. Versión impreso: 2025

03

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para deslizamientos

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo en movimiento. Los métodos de estabilización de los movimientos en masa, 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 desestabilizante 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

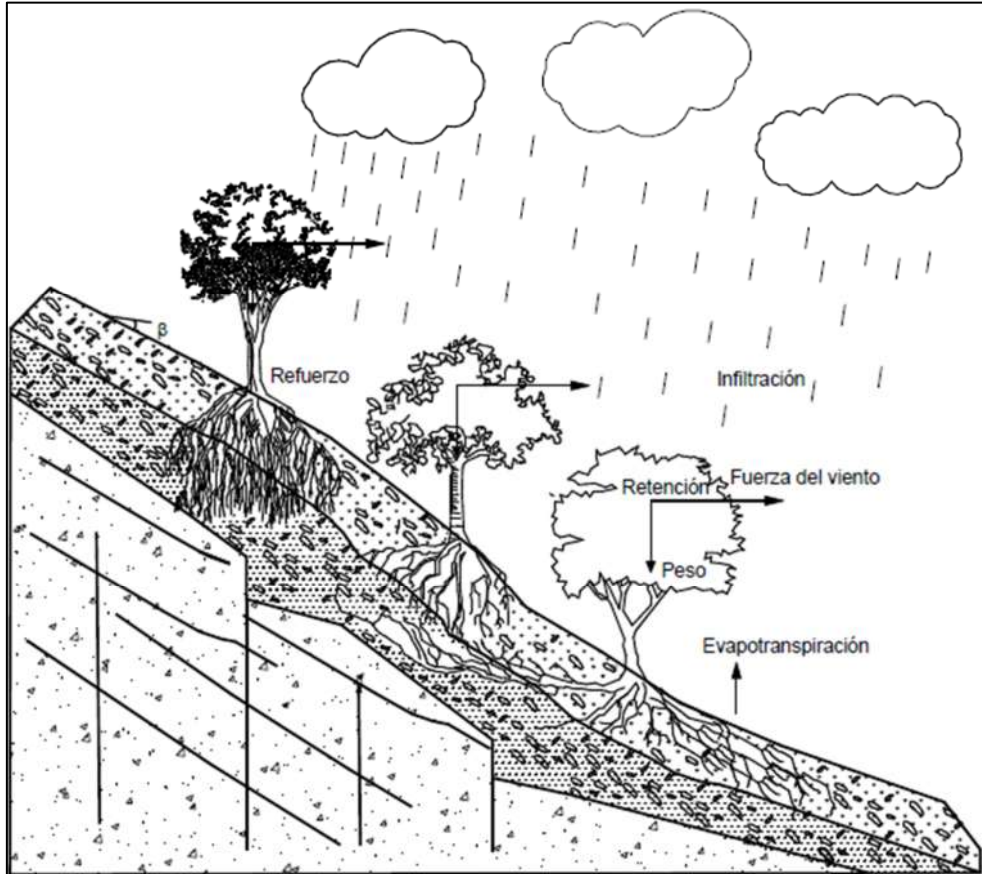
Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de la zona afectada, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del movimiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior de la zona en movimiento (**Anexo 2.1**). 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.



Anexo 2.1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación

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).



Anexo 2.2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Anexo 2.3. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

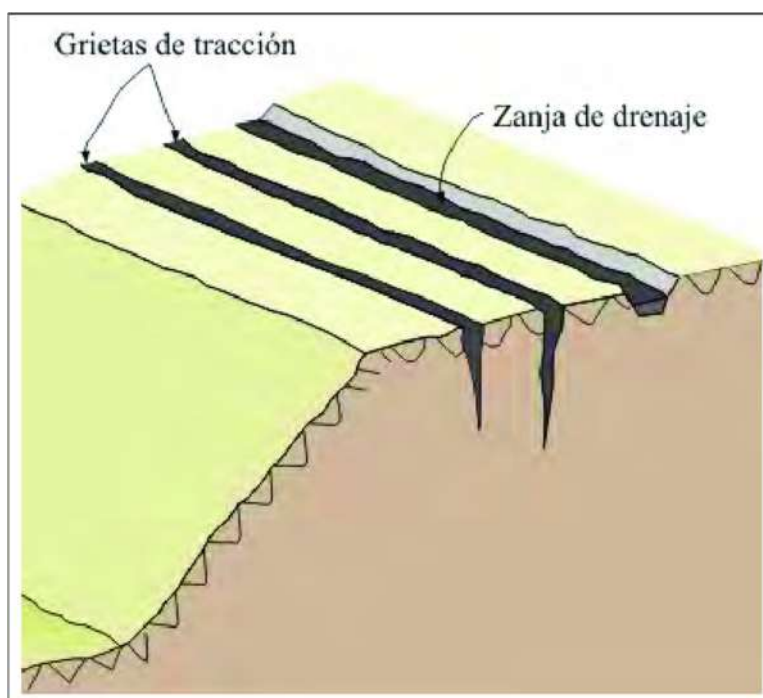
Zanjas de coronación

Las zanjas de coronación, ubicadas en la corona, encima de la corona y superficies de ruptura o en la parte superior de un talud, cumplen la función de interceptar y canalizar eficientemente y de manera adecuada las aguas de pluviales, evitando su infiltración y luego debilitar el talud. Estas estructuras no deben construirse demasiado próximos al borde superior del talud, ya que podría contribuir a la inestabilidad y desequilibrio del talud, lo que actuaría como factor desencadenante ante nuevos deslizamientos o desarrollo de nuevas superficies de falla de movimientos en masa (**Anexo 2.4**).

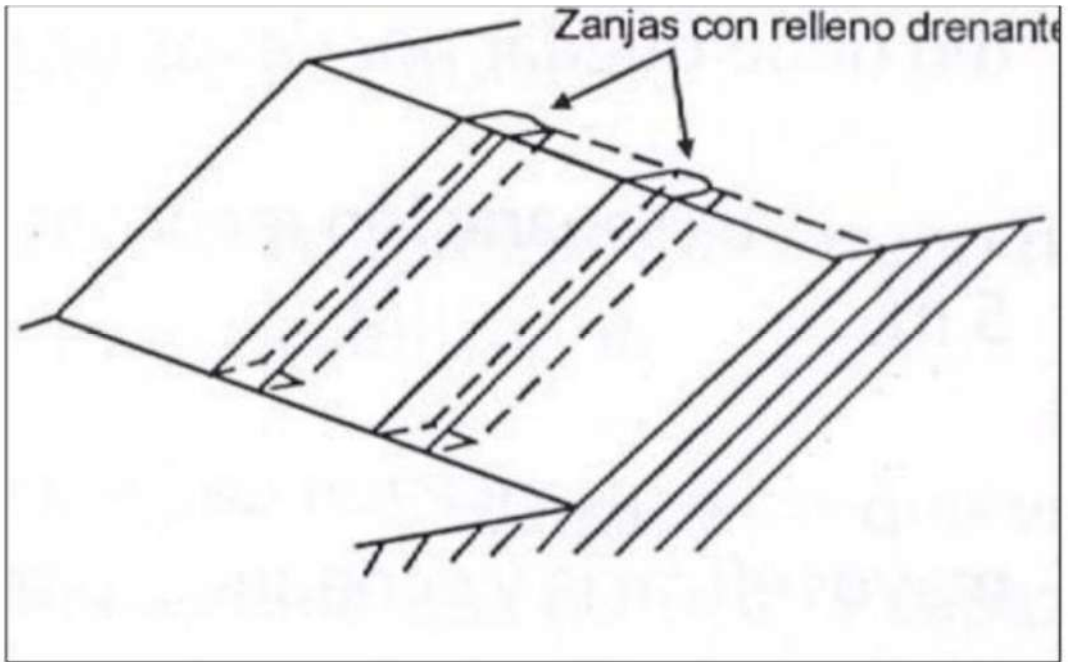
Es fundamental realizar un mantenimiento periódico que debe efectuarse en las zanjas de coronación, con el objetivo de garantizar su funcionamiento eficazmente y prevenir obstrucciones o deterioros que puedan comprometer la estabilidad del talud. La acumulación de sedimentos, colapso parcial de las paredes o la misma erosión interna pueden alterar su capacidad de drenaje, lo que aumentaría significativamente su infiltración y afectar la resistencia del suelo.

Pueden ser de dos tipos:

- **Zanjas de talud.** Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (**Anexo 2.5**).
- **Zanjas horizontales.** Son paralelas al talud y se sitúan próximos al hombro del talud. Son útiles los drenes en forma de “*espina de pescado*” (**Anexos 2.6 y 2.7**), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas afectadas debe tener buena vigilancia.



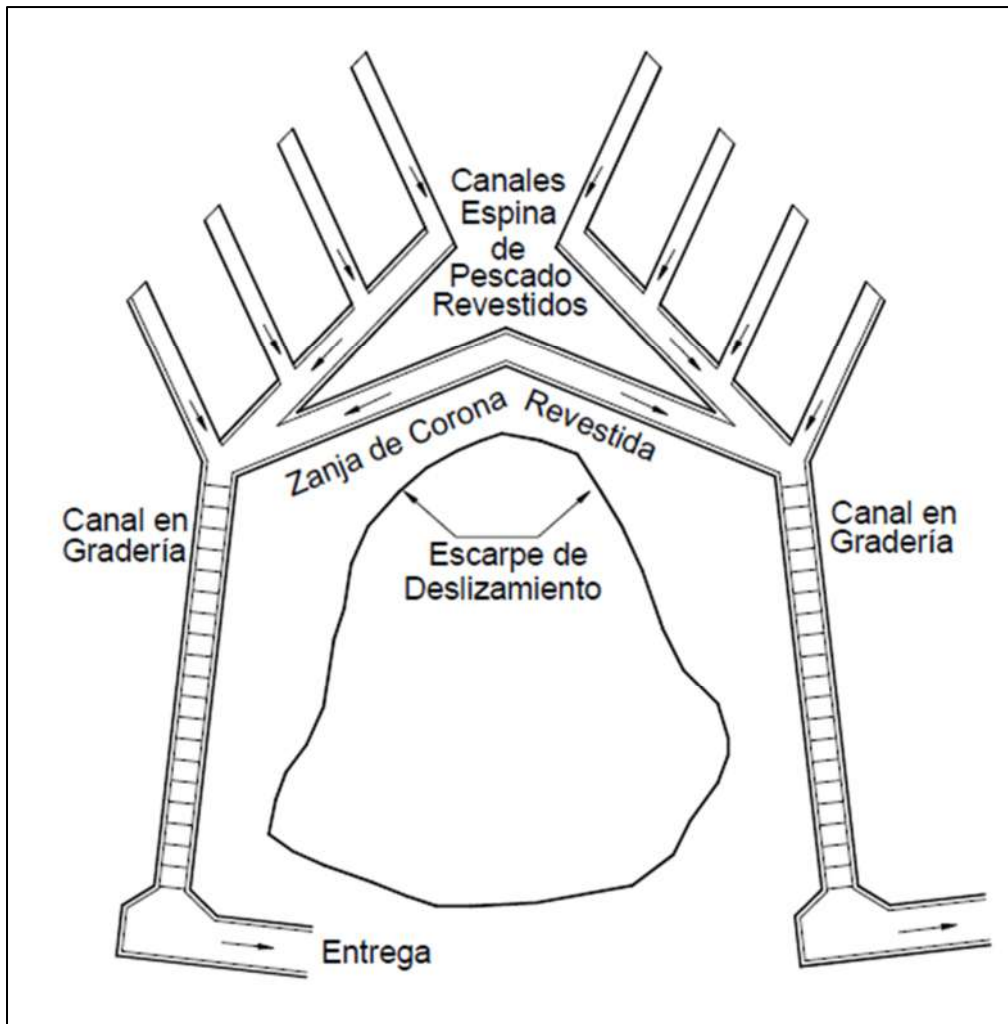
Anexo 2.4. Zanjas o canales de coronación para deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).



Anexo 2.5. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Anexo 2.6. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).



Anexo 2.7. Esquema en planta de canales colectores espina de pescado. Tomado de Suarez Diaz (2007).