

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7721

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUACASH

Departamento: Huánuco

Provincia: Huamalíes

Distrito: Jacas Grande



ENERO
2026

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR HUACASH

(Distrito Jacas Grande, Provincia Huamalíes, Departamento Huánuco)



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

Equipo Técnico

*Wilson Gómez Cahuaya
Guisela Choquenaira Garate*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2026). "Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huacash". Distrito Jacas Grande, provincia Huamalíes y departamento Huánuco, informe técnico N° A7721, Ingemmet 38p

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales.....	6
1.3.1. Ubicación.....	6
1.3.2. Población.....	7
1.3.3. Accesibilidad.....	8
1.3.4. Clima	8
2. DEFINICIONES	9
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	11
2.1. Unidades litoestratigráficas	11
2.1.1. Complejo del Maraón (CM)	11
2.1.2. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)	13
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	14
4.1. Pendientes del terreno.....	14
4.2. Unidades geomorfológicas.....	16
4.2.1. Montaña en roca metamórfica (RM-rm).....	16
4.2.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)	17
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	17
5.1. Movimientos en masa en el sector Huacash	17
5.1.1. Deslizamiento-flujo activo.....	19
5.1.2. Deslizamiento activo	20
5.2. Factores condicionantes.....	26
5.3. Factores desencadenantes.....	26
6. CONCLUSIONES.....	27
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO 1: MAPAS.....	30
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	34

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Huacash, ubicado en el distrito Jacas Grande, provincia Huamálies y departamento Huánuco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico cumple con la función de brindar asistencia en materia de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno.

Gran parte de la población del sector Huacash, con ~152 habitantes, se encuentran asentadas sobre una ladera altamente inestable, condicionado por la interacción de factores geológicos, geomorfológicos y geodinámicos que han propiciado la ocurrencia de movimientos en masa en distintos periodos.

En el sector Huacash, el basamento rocoso está constituido por rocas metamórficas del Complejo del Marañón. Su litología está compuesta por esquistos micáceos en estructuras laminadas con aspecto astilloso, que reflejan una esquistosidad y foliación bien definida. Estos macizos rocosos presentan características físicas de resistencia baja, que oscilan entre los 25 a 50 Mpa, además. Superficialmente se hallan muy fracturados con más de tres sistemas de discontinuidades y fuertemente meteorizados. Esta unidad se encuentra tapizada y cubierta por una capa de suelos residuales y de material coluvio-deluvial no consolidados y poco cohesivos que provienen de procesos erosivos que afectaron la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta.

Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa (deslizamientos y flujo), se desarrollaron sobre una morfología montañosa labrada en roca metamórfica (Complejo del Marañón), caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes pronunciadas que varían de 25° a 45°. Las geoformas de vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias a bajas, al norte del cerro Huaca Machay Punta, el cual, conforman zonas con pendientes muy fuertes que oscilan entre 25° a 45°. Estas condiciones morfológicas del terreno tienen relación directa con la generación y evolución de los movimientos en masa.

Las características del relieve irregular y accidentada de la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta, evidencian una intensa actividad geodinámica desarrollada en el pasado y presente. Según el análisis de las imágenes generadas a partir de un ráster RRIM, se muestran rasgos morfológicos y morfométricos de un escarpe confinado a un deslizamiento antiguo de grandes dimensiones que afectó gran parte de la ladera, donde, precisamente en su depósito se asentó el sector Huacash. En la actualidad, en este sector se han evidenciado una zona de depresión, que presenta procesos de movimientos en masa activos, como deslizamientos y deslizamiento-flujo, el cual refleja una clara inestabilidad del terreno.

Se han identificado movimientos en masa en estado activo, como deslizamientos (D1, D2 y D3) y deslizamiento-flujo que ponen en evidencia la fuerte actividad geodinámica y comprometen la seguridad física de los pobladores e infraestructura local de la Institución Educativa N°31443 y el establecimiento de salud del sector Huacash.

De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área evaluada, se considera al sector Huacash como **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos y deslizamiento-flujos.

Se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, tales como, la construcción de canales drenaje/coronación con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), con el objetivo de evitar filtraciones, sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración de aguas de escorrentía durante lluvias intensas, la prohibición de construcción de nuevas viviendas e infraestructura en el área de ocurrencia de deslizamiento. También, considerar el reasentamiento hacia zonas más seguras y reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales, principalmente en la parte media superior de la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta. Por último, se recomienda 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), la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)”, contribuye con entidades gubernamentales de 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 de Jacas Grande, según Oficio N°177-2025-MDJG/A. En el marco de nuestras competencias se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en el sector Huacash.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Wilson Gómez y Guisela Choquenaira, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en los sectores antes mencionados, el cual, se efectuó en coordinación con las autoridades locales del distrito de Jacas Grande.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: la etapa de pre-campo empezó con la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; etapa de 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; y para la etapa final de gabinete 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, ortomosaico generado a partir del levantamiento fotogramétrico con dron, elaboración de mapas, figuras temáticas y finalmente redacción del informe final.

1.1. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Huacash del distrito de Jacas Grande, provincia Huamalíes y departamento de Huánuco.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de 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 & Vélchez (2006). Este trabajo

presenta un mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, donde el sector Huacash se encuentran en zona de susceptibilidad alta a muy alta.

- B) Boletín Serie L: Geología de los cuadrángulos de La Unión (hojas 20j1, 20j2, 20j3, 20j4) y Recuay (hojas 20i1, 20i4) de Mamani et al., (en revisión). Describe y divide litológicamente las rocas del Complejo del Marañón entre el sector Huacash.
- C) Boletín N°76 serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j” de Julio et al., (1996). Describe las principales unidades metamórficas, al borde oeste de la Cordillera del Oriental del centro del Perú a escala 1:100,000.

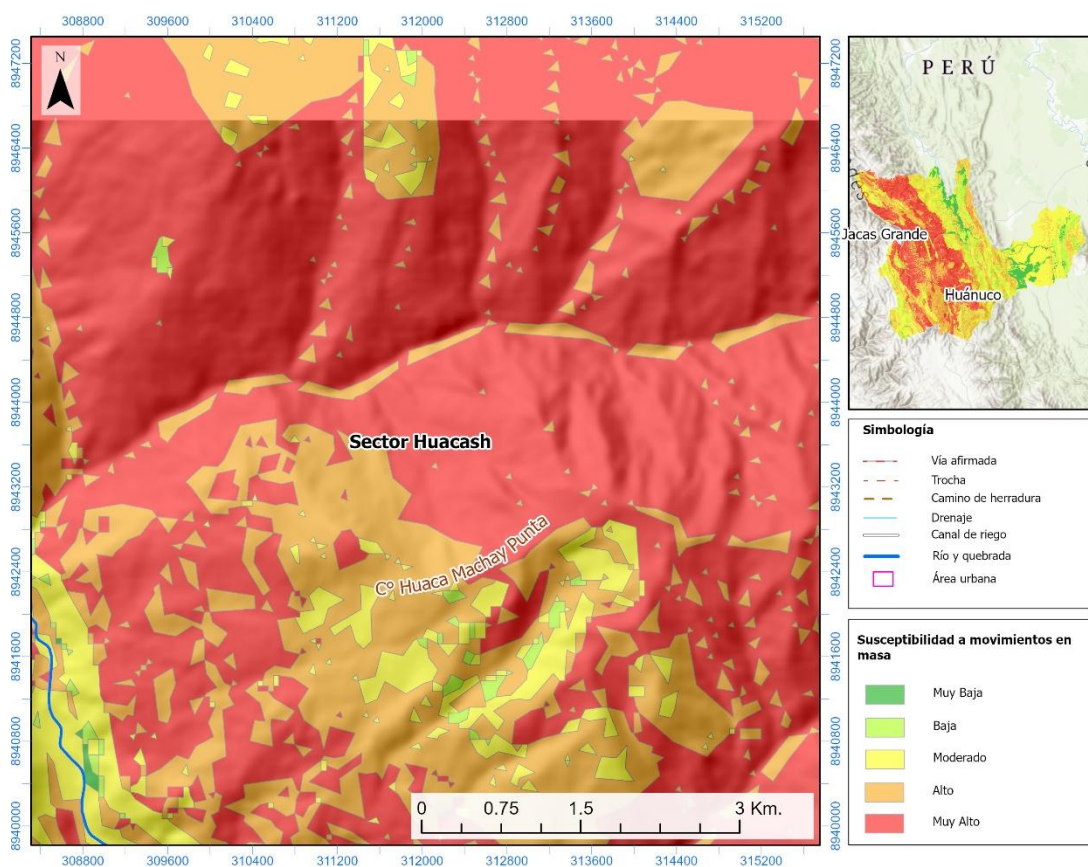


Figura 1. Los valores de susceptibilidad por movimientos en masa en el sector de Huacash muestran muy alto. Tomados de Zavala & Vilchez (2006). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Huacash pertenece políticamente al distrito de Jacas Grande, provincia Huamalíes, del departamento de Huánuco. Morfoestructuralmente, se ubican en el borde oeste de la Cordillera Oriental del centro del Perú (**Figura 2**).

El sector estudiado se enmarca dentro de las siguientes coordenadas E: 312001, N: 8943723 UTM (WGS84 – Zona 18S).



Figura 2. Mapa de ubicación del sector Huacash del distrito de Jacas Grande, provincia de Huamalíes y departamento de Huánuco.

1.3.2. Población

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

La población de Huacash susceptible a movimientos en masa es de ~152 habitantes, distribuidas en ~41 viviendas (**Figura 3**). Asimismo, el número de estudiantes de la I.E Integrada N°32443 de Huacash, asciende a 77 alumnos y 07 docentes (**Figura 4**).

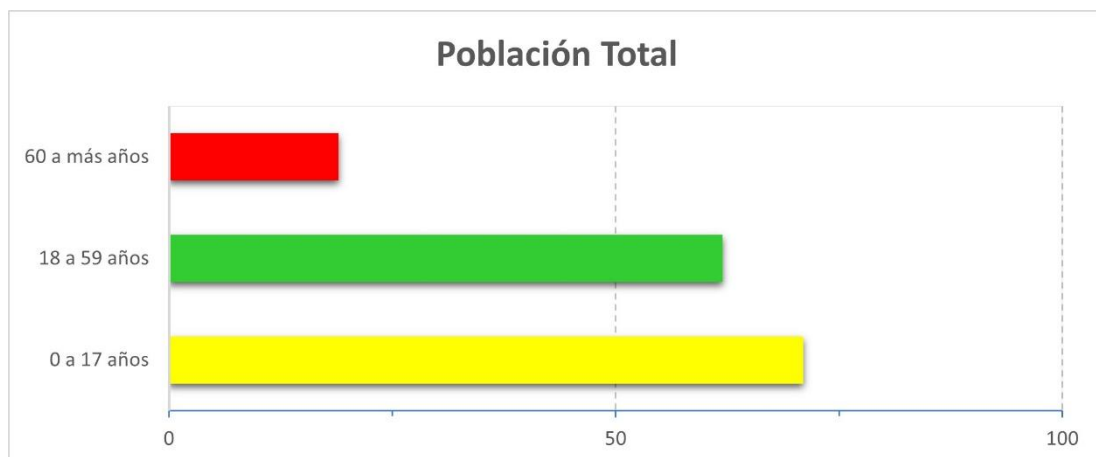


Figura 3. Distribución poblacional del sector Huacash, el cual se encuentra susceptible a movimientos en masa.

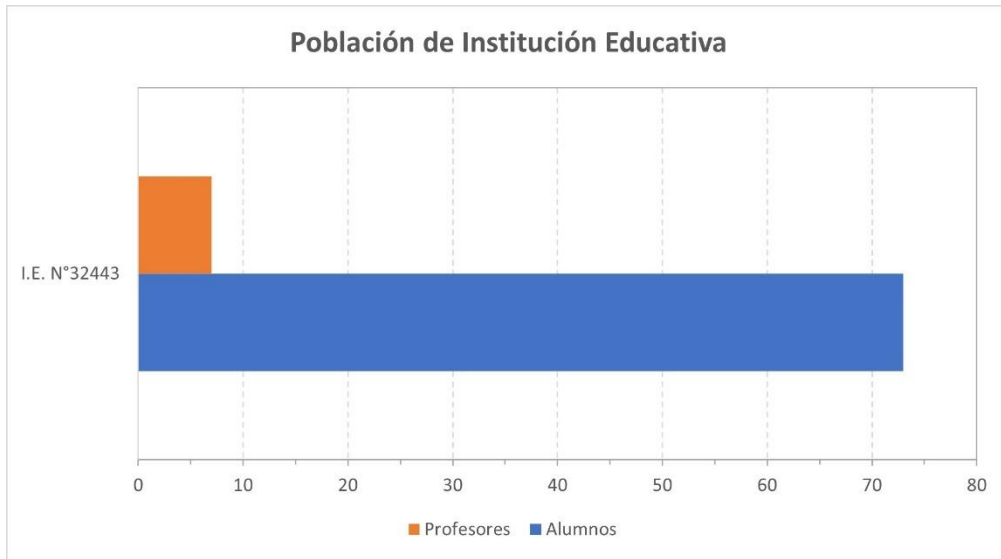


Figura 4. Distribución poblacional de alumnos y profesores de la I.E. N°32443 del sector Huacash, el cual se encuentra susceptible a movimientos en masa.

1.3.3. Accesibilidad

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

Tabla 1. Rutas de acceso para el sector Huacash.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Distrito Jacas Grande	Asfaltada y vía afirmada	481	9 horas 23 min
Jacas Grande – Sector Huacash	Vía afirmada	25	40 min

1.3.4. Clima

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la estación Jacas Grande del Senamhi, ubicado en el distrito del mismo nombre, a 4.3 km en línea recta desde la zona de estudio. Se tiene datos de precipitación diaria de los años 2021 (noviembre y diciembre), 2022 (enero a abril y noviembre a diciembre), 2023 (enero a abril y noviembre a diciembre) y 2024 (enero a abril). Estos registros muestran que las precipitaciones más altas y anómalas corresponden a los meses febrero del 2023, enero del 2024 y marzo del 2024. Llegando a superar ampliamente los 20 mm por día. Asimismo, se observa que las concentraciones de precipitación máxima diaria coinciden con las fechas en las que se reportaron movimientos en masa en el sector Huacash (**Figura 5**).

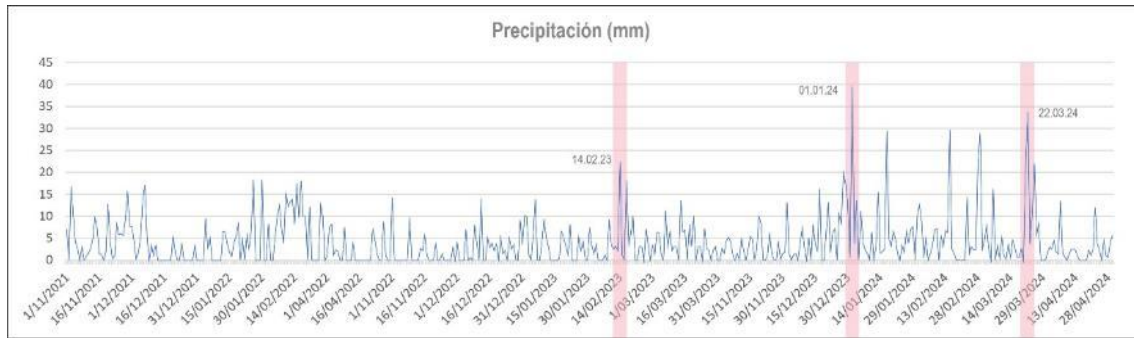


Figura 5. Precipitaciones diarias registrados en la estación Jacas Grande en el distrito homónimo, extraídas del SENAMHI. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

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 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.

Caída. Tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la superficie de un talud, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire, pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento. Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. Algunos autores, como Corominas y Yague (1997) denominan colapso a los casos en que el material cae de manera eminentemente vertical.

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.

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, huaicos, 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 que proviene de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

La zona evaluada se enmarca dentro de una extensa franja de dirección andina NO-SE, que, constituye el borde oeste de la Cordillera Oriental, desde una perspectiva morfoestructural. Sigue una descripción de las unidades litológicas.

2.1. Unidades litoestratigráficas

La unidad litoestratigráfica que interviene directamente en los procesos de movimientos en masa y además constituye el basamento, es el Complejo del Maraón (CM), así también, los depósitos coluvio-deluviales.

2.1.1. Complejo Maraón (CM)

Esta unidad aflora extensamente en el área evaluada, sus principales afloramientos se observan en la ladera media y alta ubicada al norte del cerro Huaca Machay Punta. Se trata de rocas metamórficas, representados por esquistos micáceos de color gris oscuro, con tonalidades verdosas, en estructuras laminadas con aspecto astilloso que reflejan una esquistosidad y foliación moderada a fuerte. Las micas de muscovita forman pátinas en finas capas centimétricas bandeadas que hacen que se comporten como secuencias medianamente incompetentes.

El macizo rocoso tiene características físicas de resistencia baja (al golpe del matillo), que oscilan entre los 25 a 50 Mpa. Asimismo, se encuentra muy fracturado con más de tres sistemas de discontinuidades, con espaciamentos centimétricos que van de 5 a 12 cm, con aberturas de 1 a 4 mm y rugosidad suave a rugosa, el cual, superficialmente se encuentran altamente meteorizadas (**Fotografías 1 y 2**).

Estructuralmente, las capas se hallan fuertemente foliadas con una esquistosidad bien marcada, sus capas se inclinan en promedio 60° al suroeste, en contra del buzamiento del talud natural de la ladera norte del cerro montañoso.



Fotografía 1. Afloramiento de esquistos micáceos del Complejo Marañón al norte del cerro Huaca Machay Punta. Sus capas se inclinal en contra de la pendiente del talud natural. Vista mirando al sureste.



Fotografía 2. Detalle de los esquistos de cuarzo y micas atribuidas al Complejo Marañón.

2.1.2. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media a baja de la ladera del cerro Huaca Machay Punta. Se trata de suelos inconsolidados, con fragmentos heterométricos y monométricos de esquistos y filitas, dispuestos en una matriz limo-arenosa pobremente gradada. Sus fragmentos tienen formas subangulosos a subredondeados que van de 0.3 a 0.5 m de diámetro, aunque esporádicamente se hallan bloques que superan los 1.2 m de diámetro (**Fotografías 3 y 4**).

Por sus características físicas y geomecánicas, se presentan con baja cohesión y poco competentes. Ofrecen baja resistencia a la erosión, dispuestas en una ladera con pendientes fuertes, lo que las convierte altamente susceptibles a la remoción de masas y procesos gravitacionales, así como deslizamientos.



Fotografía 3. Depósitos coluvio-deluviales ubicado en la ladera media del cerro Huaca Machay Punta. Vista mirando al sur.



Fotografía 4. Depósito coluvio-deluvial, con fragmentos heterométricos envueltos en matriz limo arenosa, adosado sobre la ladera media del cerro Huaca Machay Punta, cerca del sector Huacash. Vista mirando al sur.

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.

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

Para la zona evaluada se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital (DEM) de alta resolución de 6 m. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el sector Huacash oscilan entre las pendientes moderadas de 5° a 15°, fuertes 15° a 25°, muy fuertes 25° a 45° y pendiente muy escarpado que superan los 45° de inclinación (**Figura 6, 7 y 8**).

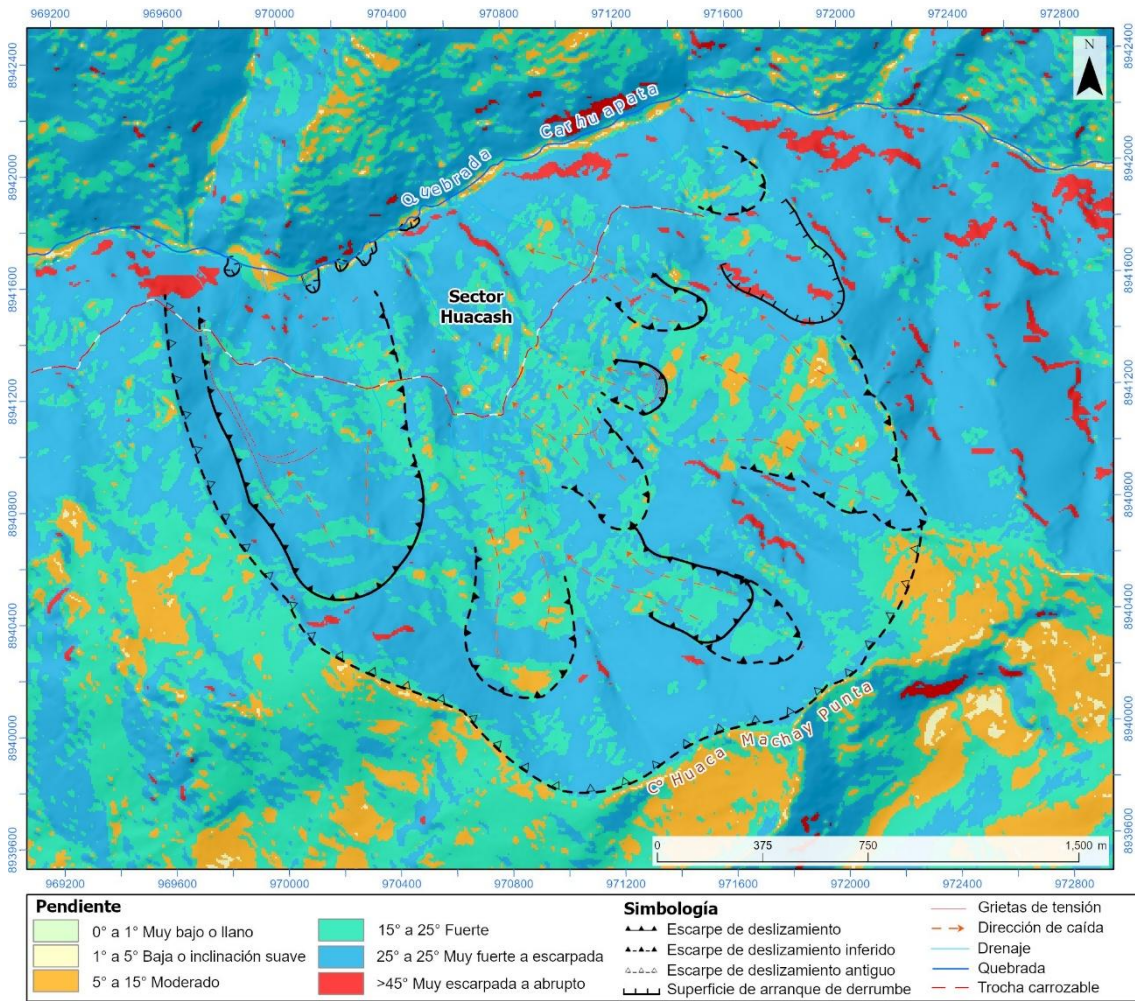


Figura 6. Mapa de pendiente del sector Huacash. Nótese la relación de la pendiente con los movimientos en masa, tanto antiguos como recientes.



Figura 7. Pendiente promedio de 25°-45° de la parte media a alta de la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta. Nótese, la expansión urbana de manera escalonada con tendencia ascendente. Vista mirando al noreste.



Figura 8. Pendiente muy fuerte que oscila entre 25° a 45° en el sector Huacash. Vista mirando al sur.

4.2. Unidades geomorfológicas

En la zona de estudio se identificaron dos unidades geomorfológicas: a) relieves montañosos emplazados en rocas metamórficas, que es de carácter degradacional y b) vertiente coluvial-deluvial, que es de carácter agradacional.

4.2.1. Montaña en roca metamórfica (RM-rm)

Geoforma labrada en roca metamórfica perteneciente al Complejo Maraón. Esta unidad se extiende de manera significativa y ampliamente en el sector Huacash, donde el relieve predominante es de tipo montañoso. Su ladera norte presenta una morfología algo escalonada y ondulada, resultado de procesos geológicos antiguos.

Su cima, el cerro Huaca Machay Punta tiene un desnivel casi de ~980 m desde el pie del talud, es decir, la quebrada Carhuapata. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación¹ que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. Su ladera suroeste aloja depósitos coluvio-deluviales dispuestos en pendientes fuertes a muy fuertes, que presentan zonas inestables y susceptibles a procesos de movimientos en masa.

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

4.2.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se emplazan en la parte media a baja de la ladera suroeste del relieve montañoso en el sector Huacash. Estos depósitos han sido originados por la acumulación de depósitos de un deslizamiento que ocurrió en el pasado y suelos residuales adosados en pendientes muy pronunciadas que oscilan entre 25° a 45°.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

5.1. Movimientos en masa en el sector Huacash

La caracterización de los movimientos en masa en esta área, se realizó en base al análisis a detalle de los rasgos geológicos, geomorfológicos, y de geodinámica durante los trabajos de campo y gabinete. Se identificaron y cartografiaron los diferentes tipos de movimientos en masa a través de la toma de datos estructurales que conlleva esta misma, basado principalmente en la observación y caracterización morfométrica in situ. De igual modo, se tomaron capturas de imágenes y fotografías a nivel de terreno, complementada con el análisis de imágenes satelitales de la plataforma Google Earth y Sentinel 2.

Para caracterizar los movimientos en masa, se generaron mapas ráster de Red Relief Image Map (RRIM), a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM) de alta resolución, generado a partir del levantamiento fotogramétrico con dron. Se trata de una técnica que representa visualmente el relieve de la superficie terrestre mediante una escala cromática usando colores con tonos rojos para simular variaciones en la altitud, esto permite resaltar características importantes del terreno (**Figura 9**).

En la figura 9, se resalta los rasgos morfométricos, morfológicos y geológicos que un DEM convencional no proporciona. En este análisis, se ha reconstruido la dinámica de los deslizamientos tanto antiguos como activos, los cuales representan un peligro latente para los pobladores del sector Huacash.

De acuerdo con la imagen ráster RRIM, el primer deslizamiento (denominado deslizamiento relicto o antiguo), afectó gran parte la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta. Su escarpe principal (líneas negras) con forma irregular recorre de manera cóncava el cerro Huaca Machay Punta. Sobre el depósito del deslizamiento, se asentó precisamente gran parte de la población del sector Huacash (**Figura 9A**).

El evento más reciente, se localiza en la parte más distal del depósito del antiguo deslizamiento. Se trata de un deslizamiento activo que resulta de la deformación continua e intermitente del terreno, su escarpe y las grietas revelan la magnitud del evento que compromete la estabilidad estructural y natural de la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta (**Figura 9B y 10**).

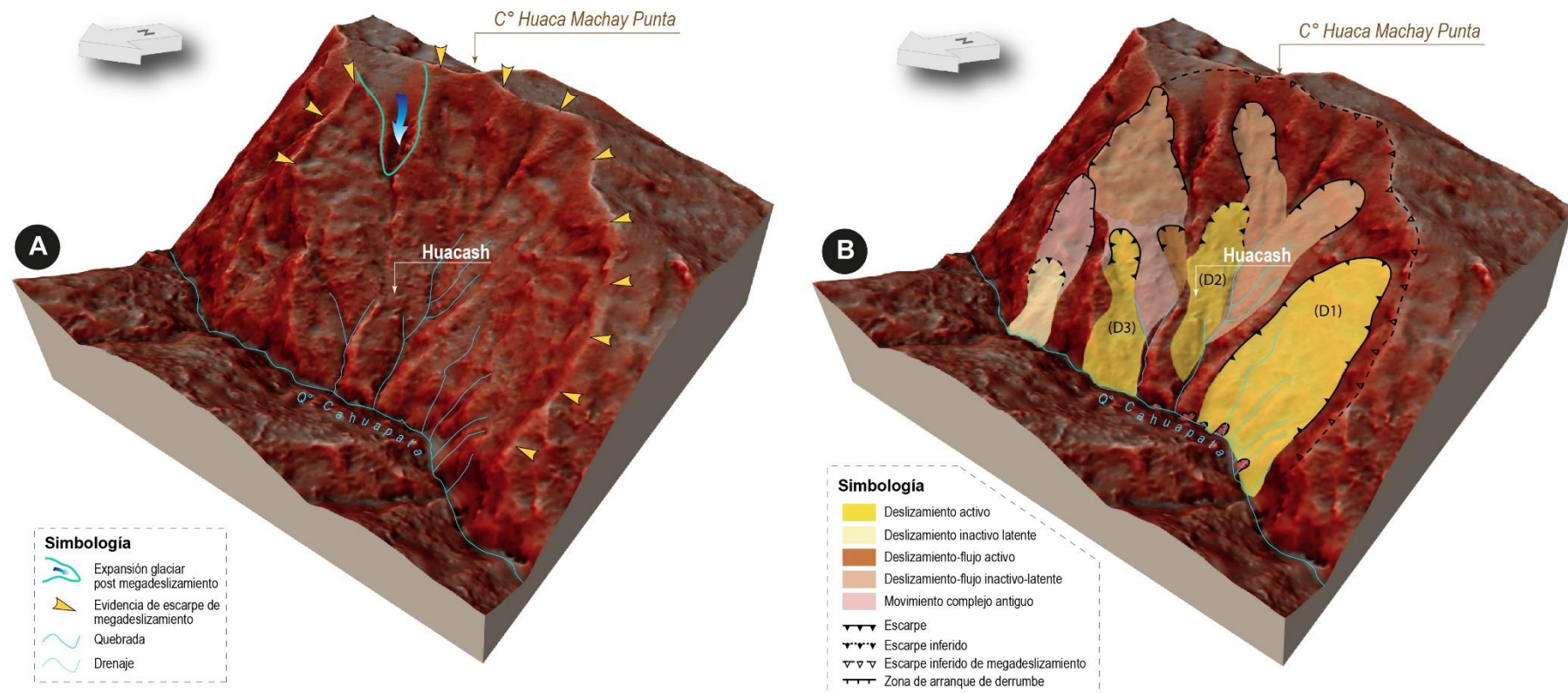


Figura 9. Blocks diagrams donde se muestra el relieve para caracterizar los procesos de movimientos en masa en el sector Huacash. A) RRIM donde muestra los principales rasgos morfológicos del terreno de un antiguo deslizamiento, su escarpe denota la magnitud y gran extensión del evento. B) Procesos geodinámicos que ponen en evidencia una zona de depresión, el cual se interpreta como deslizamientos reactivados en el depósito del deslizamiento antiguo. Así también, procesos recientes activos que ponen el peligro latente a los pobladores de Huacash.



Figura 10. Geodinámica activa en la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta, donde se muestra los deslizamiento-flujos y deslizamientos (D1, D2 y D3) que comprometen la estabilidad de la ladera y ponen el peligro latente a la población del sector Huacash.

5.1.1. Deslizamiento-flujo activo

En la parte media de la ladera del cerro Huaca Machay Punta se observa movimientos en masa que, por sus características morfológicas del terreno, la pendiente y los escarpes escalonados se trataría de un deslizamiento-flujo en estado activo (**Figura 9**).

En la corona, el escarpe principal nace en la cota 3774 m s.n.m, presenta un escarpe con morfología semicircular cóncava que recorre 350 de longitud. Tiene un salto vertical que va de 1.2 a 2 m (**Figura 11B y 11C**).

Las grietas de tensión se distribuyen en la parte superior del deslizamiento y se emplazan de manera escalonada y progresiva, lo que revela la magnitud del evento (**Figura 11D**).

Este fenómeno involucra un terreno heredado por un evento antiguo, el cual depositó material coluvio-deluvial sobre una pendiente muy pronunciada. Actualmente ha sido afectada por aguas subterráneas y surgencias de agua que aumentan en épocas de precipitaciones, lo que, en conjunto condicionó la dinámica del movimiento, comportándose como deslizamiento-flujo que se extiende ladera abajo (**Figura 9A y 9B**).



Figura 11. Deslizamiento-flujo instalado en la parte media de la ladera norte del cerro Huaca Machay Punta.

5.1.2. Deslizamiento activo

Deslizamiento (D1)

Este evento se ubica en el flanco izquierdo del deslizamiento antiguo que afectó la cara norte de la ladera del cerro Huaca Machay Punta, se trata de un evento que afecta un área de 70 ha (**Figura 9**).

El deslizamiento se desarrolla sobre una ladera coluvio-deluvial con pendiente muy pronunciada que oscila entre 25° a 45° de inclinación (**Figuras 9 y 10**).

Su escarpe principal se infiere de acuerdo a las características físicas del terreno y la evidencia morfológica, donde presenta una zona hundida y con reptación de suelo que resaltan al relieve (**Figura 9**).

En su flanco izquierdo se emplaza una grieta prominente que se extiende hasta el cerro Huaca Machay Punta, mientras que también se prolonga ladera abajo hasta la quebrada Carhuapata, lo que revela la magnitud del evento (**Figura 12**).

Por otro lado, en el franco derecho ubicado en la parte media de la ladera se observa e interpreta la prolongación de lo que sería el escarpe principal del deslizamiento, que se manifiesta a través de una grieta que afectó el cerco perimétrico de la Institución Integrada N°32443-Huacash (**Figura 13**).

En la esquina superior de la institución educativa se observa fracturas y fisuras que afectan la columna y pared que forman parte del cerco perimétrico. La fractura es

sinuosa con 1.5 cm de abertura y presenta una abertura de hasta 1.5 cm de ancho (**Figura 13**).

Asimismo, en la puerta principal de la institución se observa un ligero asentamiento del cerco perimétrico. El desnivel con respecto a la vertical llega hasta 10 cm, lo que revela un proceso lento pero continuo del deslizamiento (**Figura 14**).

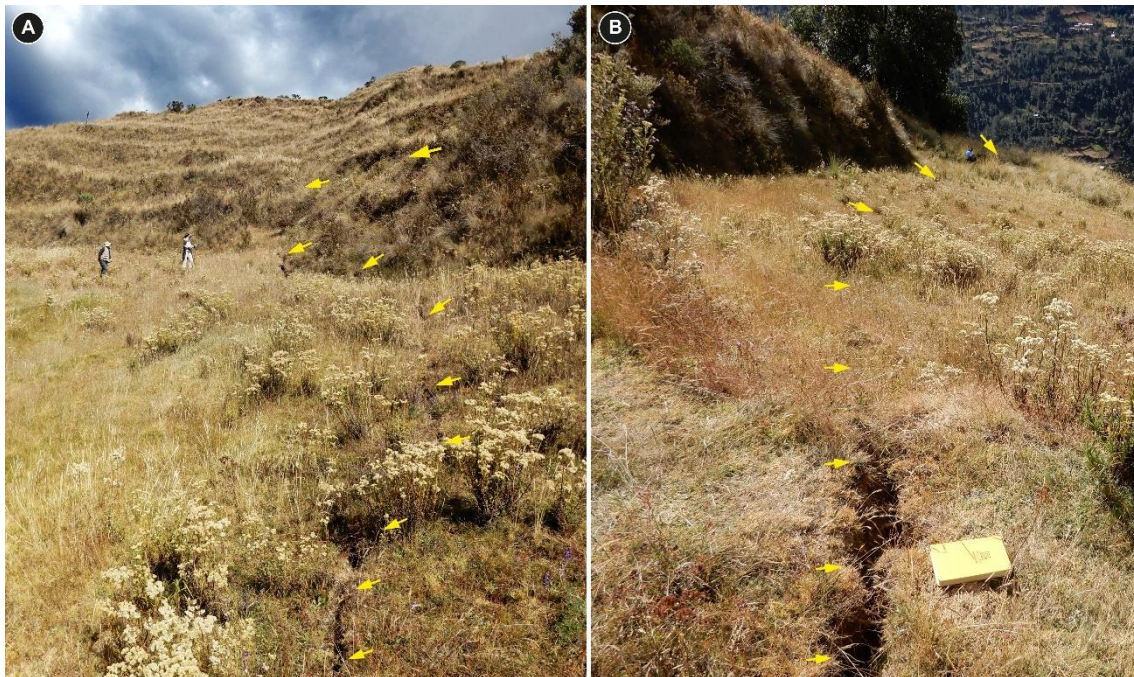


Figura 12. Grietas (indican flechas amarillas) que conforma en flanco izquierdo del deslizamiento activo. A) Prolongación de la grieta hacia el cerro Huaca Machay Punta. B) Prolongación de la grieta ladera abajo en dirección a la quebrada Carhuapata.



Figura 13. Grieta y fractura subvertical (indican flechas amarillas) que afecta la columna y la pared del cerco perimétrico de la institución educativa I.E N°31443 de Huacash, ubicada en el flanco derecho del deslizamiento activo.



Figura 14. Ligero asentamiento (flechas amarillas indican movimiento) del cerco perimétrico de la Institución Educativa I.E N°31443 de Huacash.

Deslizamiento (D2)

Se emplaza en la ladera media del cerro Huaca Machay Punta. Este evento se desarrolla sobre una pendiente muy fuerte que oscila entre 25° a 45° e involucra terrenos coluvio-deluviales (**Figuras 9 y 10**).

El escarpe principal se infiere por sus características morfológicas que resaltan sobre el RRIM, donde presenta una forma semicircular algo apretado entre sus flancos, con ~812 m de longitud. El área comprometida es de aproximadamente 24.5 Ha e involucra parte de la población del sector Huacash (**Figura 10**).

Una grieta profunda revela el movimiento activo y deformaciones internas del terreno ubicado dentro del cuerpo del deslizamiento (D2). Se trata de una grieta transversal a la dirección de movimiento, presenta ~12 m de longitud y ~40 cm de profundidad visible (**Figura 15**).

En la zona más distal del cuerpo del deslizamiento, ubicado en el flanco derecho se observan grietas de tensión que atraviesan transversalmente la vereda y pared frontal del establecimiento de salud del sector Huacash. La grieta presenta 2 m de longitud y una abertura que va de 0.5 a 2 cm (**Figura 16**).

Estas grietas revelan deformaciones internas del terreno y un ligero asentamiento, lo que indican zonas inestables con movimiento activo que afecta parte del sector Huacash.



Figura 15. Grieta profunda (indica flecha de color amarillo) ubicada en el cuerpo del deslizamiento (D2). Vista mirando al sureste.



Figura 16. Grieta (flechas amarillas) que atraviesa transversalmente la vereda y pared frontal del establecimiento de salud del sector Huacash.

Deslizamiento (D3)

Se ubica en la ladera media del cerro Huaca Machay Punta, a 600 m al noreste del sector Huacash. El deslizamiento (D3) involucra suelos incompetentes coluvio-deluviales provenientes de un depósito antiguo de deslizamiento-flujo (**Figura 9**).

Las características morfológicas del deslizamiento presentan una forma de círculo elongado en dirección noroeste hacia la quebrada Carhuapata. Sus dimensiones varían de ancho entre 120 m en la zona proximal, mientras que, 350 m en la zona distal. Este evento compromete un área de ~20.8 Ha, que afecta parte de las viviendas del sector Huacash (**Figura 17**).

La corona del deslizamiento, presenta grietas de tracción que van de 10 a 20 m de longitud y profundidad visible de 40 a 50 cm. Estas grietas se disponen de manera semiparalela y algo oblicuas a la corona (**Figuras 18 y 19**).

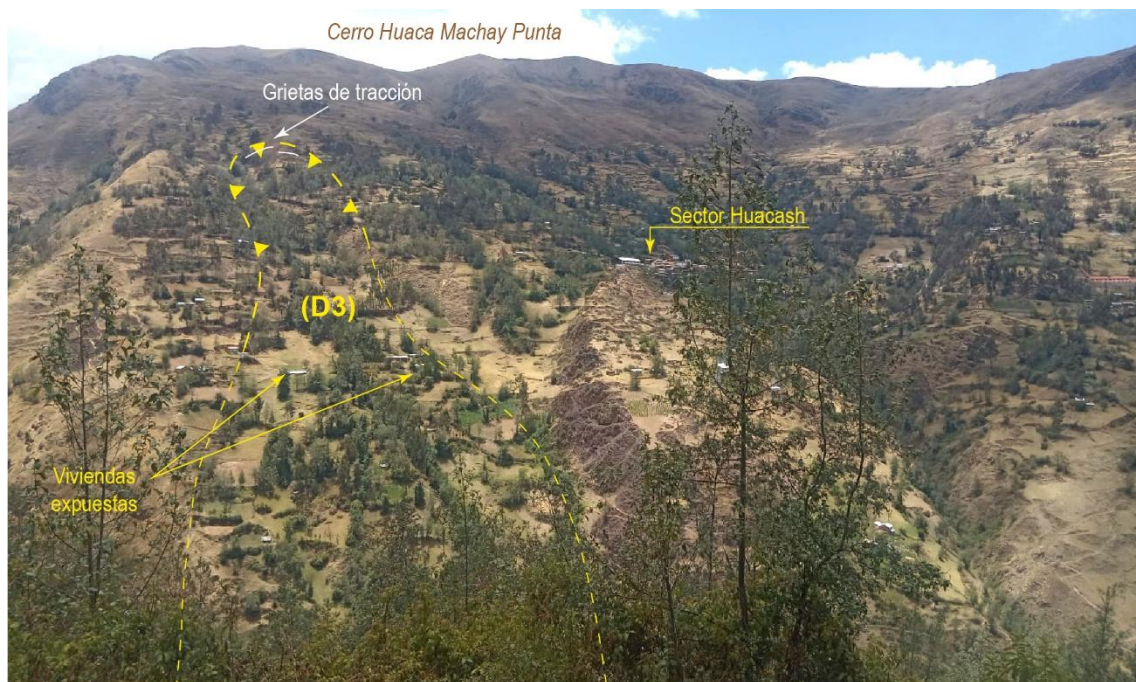


Figura 17. Deslizamiento (D3) ubicado en la ladera media del cerro Huaca Machay Punta, que afecta parte de la población de Huacash. En la corona se observa grietas de tracción. Vista mirando al sur.



Figura 18. Grieta de tracción (flechas amarillas) ubicada en la zona de escarpe del deslizamiento (D3). Presenta una longitud de 15 m y una profundidad visible de 50 cm. Vista mirando al noreste.



Figura 19. Grieta de tracción (flechas amarillas) sobre el escarpe del deslizamiento (D3), con ~10 m de longitud y profundidad visible de 40 cm. Vista mirando al sur.

5.2. Factores condicionantes

Los factores condicionantes de los deslizamientos se detallan en la siguiente tabla.

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

Factores	Características asociadas
Litológico	- El substrato rocoso está constituido por secuencias deformadas de esquistos micáceos muy fracturados y meteorizados. Estas rocas se caracterizan por presentar secuencias incompetentes altamente inestables asociadas al origen de los procesos gravitacionales. - Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados, poco resistentes y de poca cohesión que se emplazan en la ladera media y baja, dispuestas en pendientes fuertes a muy fuertes, lo cual las convierten en zonas inestables propicias a la generación de deslizamientos.
Geomorfológicos	- Los deslizamientos se instalan en la parte media baja de la ladera del sistema montañoso del cerro Huaca Machay Punta, labrada en roca metamórfica. - El relieve con morfología abrupta presenta pendientes que van de fuerte a muy fuerte, que oscilan de 25° a 45°.

5.3. Factores desencadenantes

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

Tabla 3. Factores desencadenantes por movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, principalmente entre los meses de noviembre a abril.
Hidrológicos	Aguas de escorrentía superficial que discurren la parte media alta de la ladera y desembocan en el cuerpo de los deslizamientos y deslizamiento-flujos. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales, sobresaturando el suelo incompetente.
Sismos	La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas sobre pendientes abruptas.
Antrópicos	- Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona media baja del cuerpo de los deslizamientos. - Construcciones de ambientes y viviendas con material noble que posiblemente agregaron carga a la zona de hundimiento de los deslizamientos.

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 Huacash, el basamento rocoso está constituido por secuencias de rocas metamórficas del Complejo Maraón. Su litología está compuesta de esquistos micáceos, en estructuras laminadas con aspecto astilloso, que reflejan una esquistosidad y foliación bien marcada. Estos macizos rocosos presentan características físicas de resistencia baja, que oscilan entre los 25 a 50 Mpa, además, se encuentran muy fracturados, con más de tres familias de discontinuidades y superficialmente se hallan altamente meteorizadas.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente al Complejo Maraón. Estas secuencias están conformadas por acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos, envueltos en una matriz limo arenosa y arcillosa. Proviene de antiguos depósitos y suelos residuales, poco cohesivos que ofrecen baja resistencia a la erosión, lo que favorecieron la generación de procesos de movimientos en masa.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa labrada y moldeada en roca metamórfica, caracterizada por un relieve abrupto, con pendientes pronunciadas que varían de entre 15° a 45°. Las geoformas de vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias a bajas al norte del cerro Huaca Machay Punta, el cual, conforman zonas con pendientes muy fuertes que oscilan entre 25° a 45°. Estas condiciones morfológicas del terreno han propiciado la generación y evolución de los movimientos en masa.
- 4) Se identificaron tres deslizamientos en estado activo (D1, D2 y D3) y 01 deslizamiento-flujo, que ponen en evidencia la fuerte actividad geodinámica y el peligro al que están expuestos los pobladores, Institución Educativa N°31443 y el establecimiento de salud del sector Huacash.
- 5) Los factores desencadenantes se atribuyen principalmente a las fuertes precipitaciones pluviales registradas durante los meses de febrero y marzo, donde el agua de escorrentía superficial sobrecarga los suelos incompetentes coluvio-deluviales, ocasionando la pérdida progresiva de la resistencia al corte. Así también, a los sismos locales que podrían estar relacionados con la inestabilidad y la aceleración de estos procesos geodinámicos.
- 6) De acuerdo con las características y rasgos geológicos, geomorfológicos y geodinámicos, se considera al sector Huacash como **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos y deslizamiento-flujos.

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 sector Huacash.

Transversales a autoridades y población

- 1) Incluir los peligros geológicos identificados por el Ingemmet en los planes específicos de la gestión del riesgo de desastres de la municipalidad distrital de Jacas Grande.
- 2) Identificar rutas de evacuación y zonas seguras ante la ocurrencia de peligros geológicos. Posteriormente, implementar simulacros de evacuación y simulaciones, con la finalidad de contar con una respuesta rápida y adecuada en situaciones de emergencia.
- 3) Implementar Sistemas de Alerta Temprana-SAT en coordinación con el INDECI, para la inmediata información de ocurrencia de peligros geológicos en caso enfrentara la población.
- 4) Elaborar evaluaciones de riesgo (EVAR) con la finalidad de determinar las medidas de control de riesgo a implementarse frente a los peligros. Es necesario esta medida en el sector de Huacash, donde estos peligros pueden ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, colegios, áreas de cultivo, entre otros.

Ante deslizamientos y deslizamiento-flujos

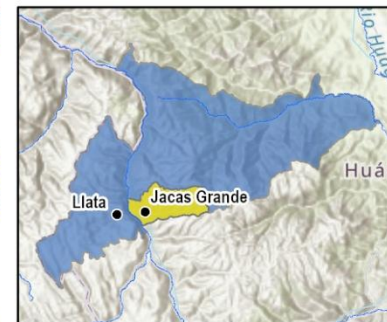
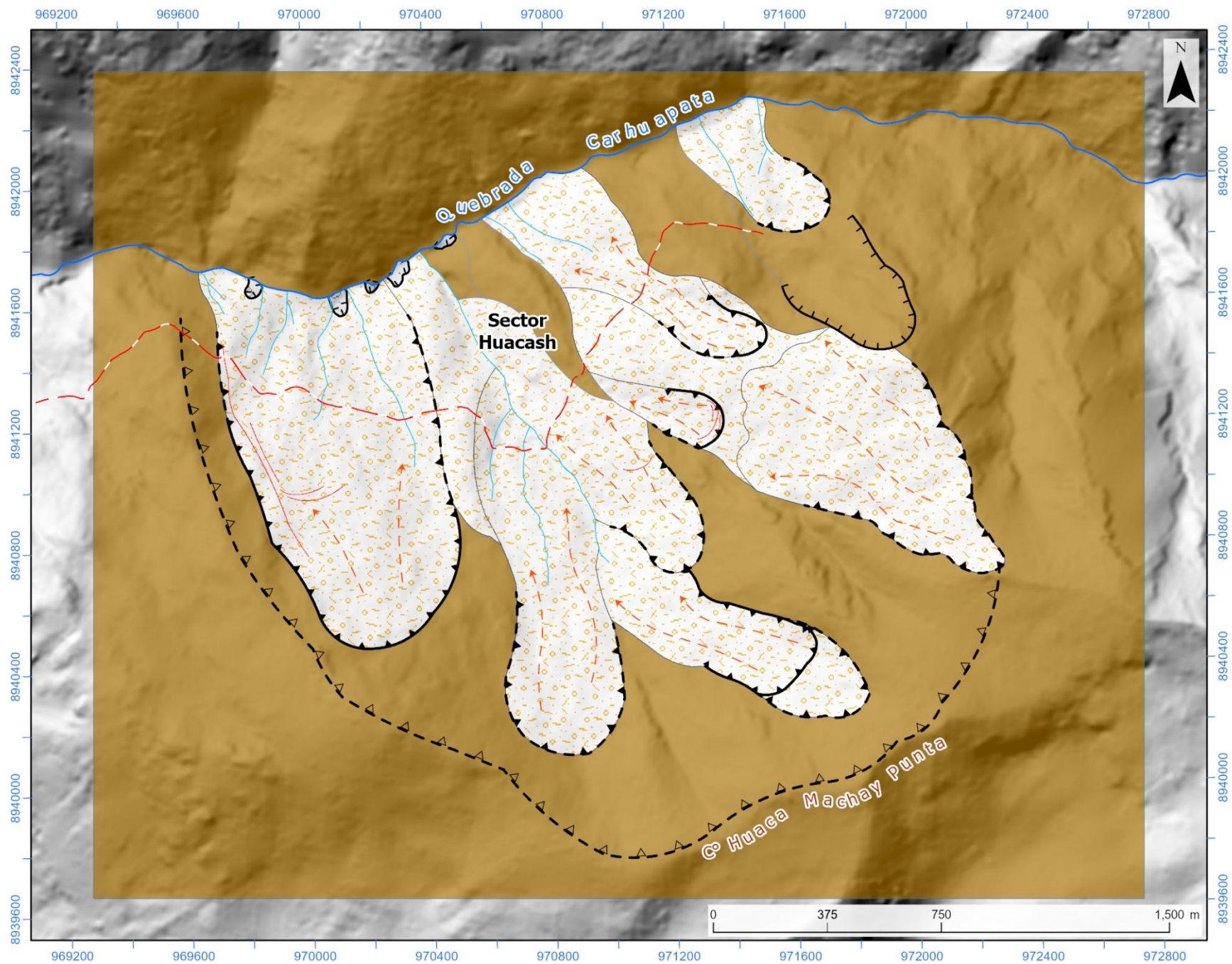
- a) Construir canales de coronación con una sección de concreto armado u otro material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones. Deben contemplarse trabajos de mantenimiento de estos de forma permanente.
- b) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo de los deslizamientos y deslizamiento-flujos activos y alrededores.
- c) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura en áreas de ocurrencia de deslizamientos y deslizamiento-flujo activos, ubicados en el sector de Huacash.
- d) Evaluar el reasentamiento de viviendas ubicadas en las zonas de agrietamiento y cuerpo de los deslizamientos (D1, D2 y D3) y deslizamiento-flujo, hacia áreas más seguras.
- e) Sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- f) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales, principalmente en la parte media superior de la ladera suroeste del cerro.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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 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 SECTOR HUACASH



Unidades litoestratigráficas

- Depósitos Coluviales
- Depósitos Coluvio-deluviales

Complejo del Marañón

Simbología

- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Superficie de arranque de derrumbe
- Grietas de tensión
- Dirección de movimiento
- Drenaje
- Quebrada
- Trocha carrozable

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

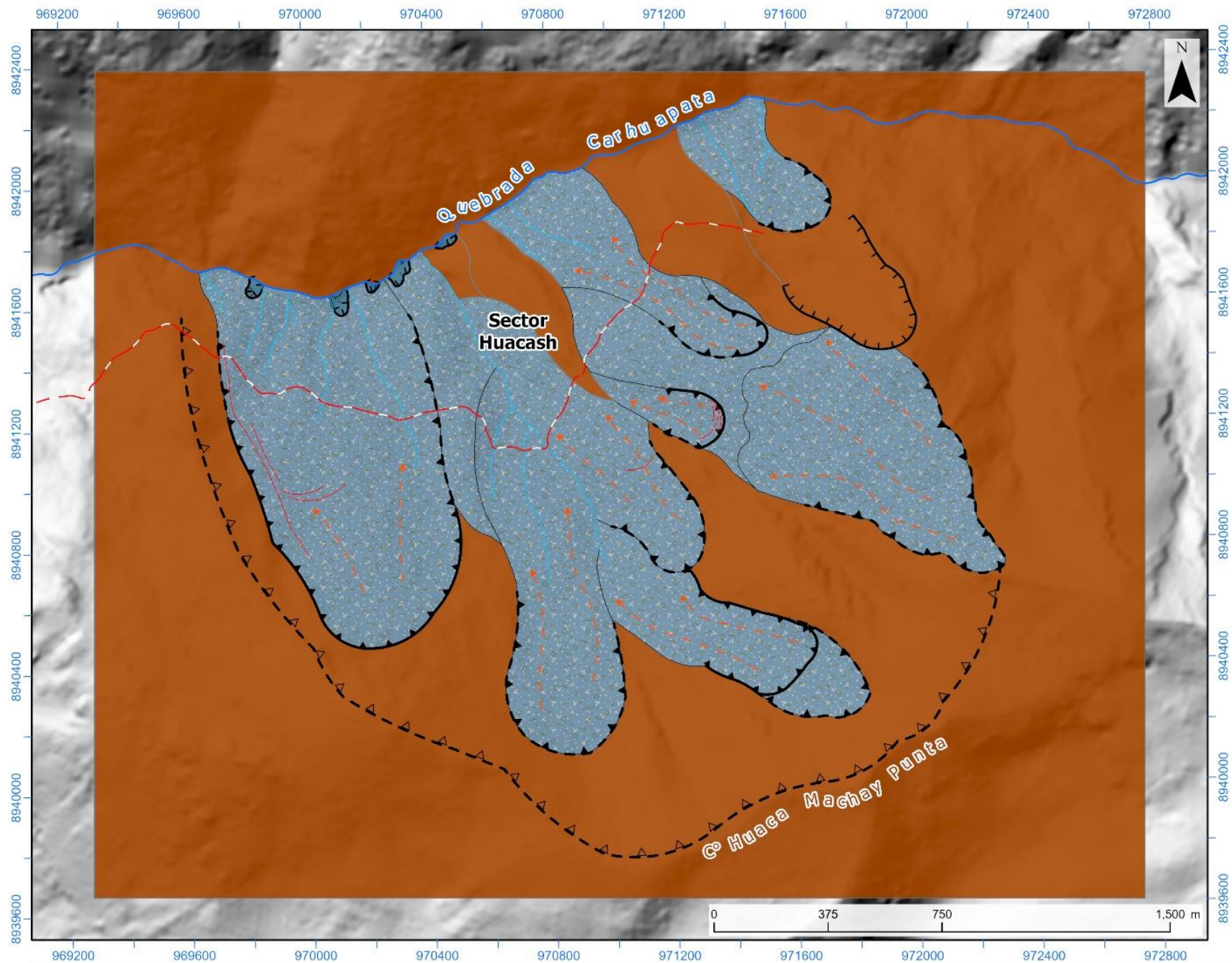
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

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

Mapa Geológico

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

01



Unidades geomorfológicas

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| Vertiente coluvio-deluvial | Montaña en roca metamórfica |
| Vertiente coluvial | |

Simbología

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Escarpe de deslizamiento | Grietas de tensión |
| Escarpe de deslizamiento inferido | Dirección de movimiento |
| Escarpe de deslizamiento antiguo | Drenaje |
| Superficie de arranque de derrumbe | Quebrada |
| | Trocha carrozable |



INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

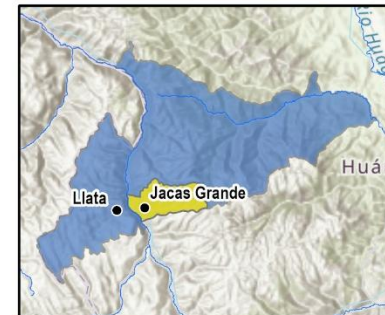
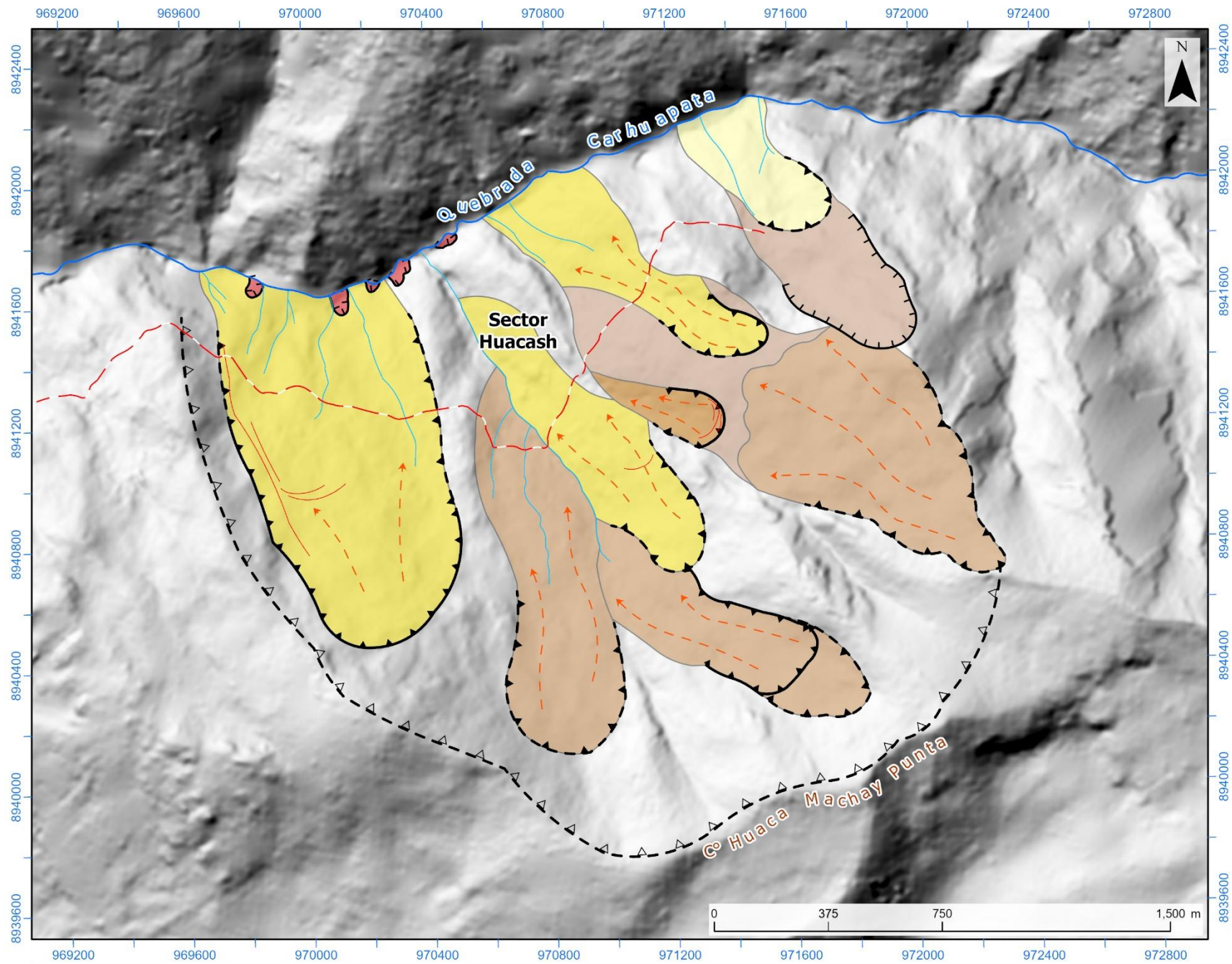
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

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

Mapa Geomorfológico

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

02



Cartografía de peligros geológicos

	Deslizamiento activo		Deslizamiento-flujo inactivo latente
	Deslizamiento inactivo latente		Movimiento complejo antiguo
	Deslizamiento-flujo activo		Derrumbe

Simbología

	Escarpe de deslizamiento		Grietas de tensión
	Escarpe de deslizamiento inferido		Dirección de caída
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Drenaje
	Superficie de arranque de derrumbe		Quebrada
			Trocha carrozable

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
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

**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 (**Figura 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.

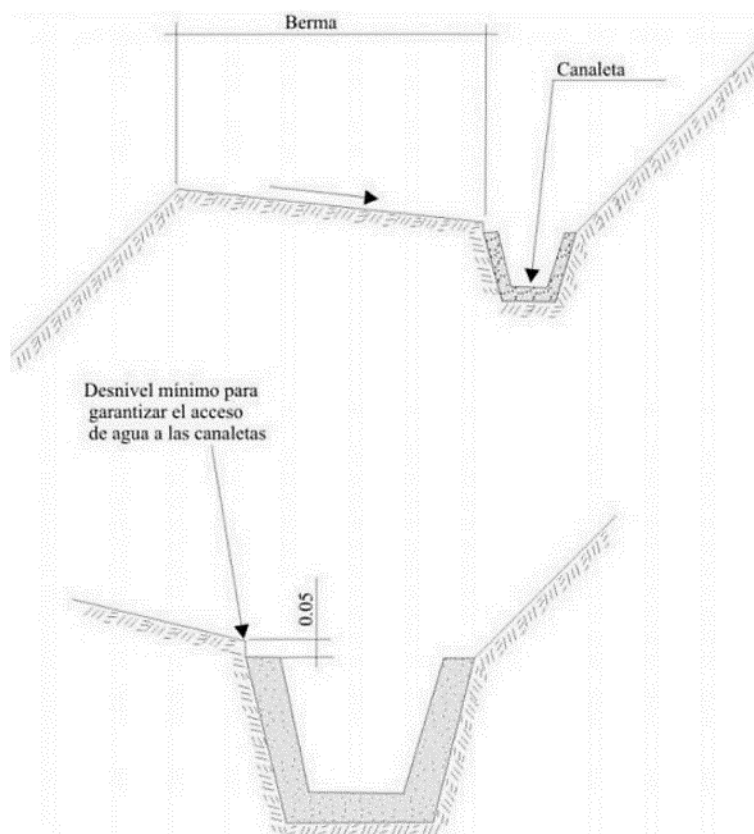


Figura 2.1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

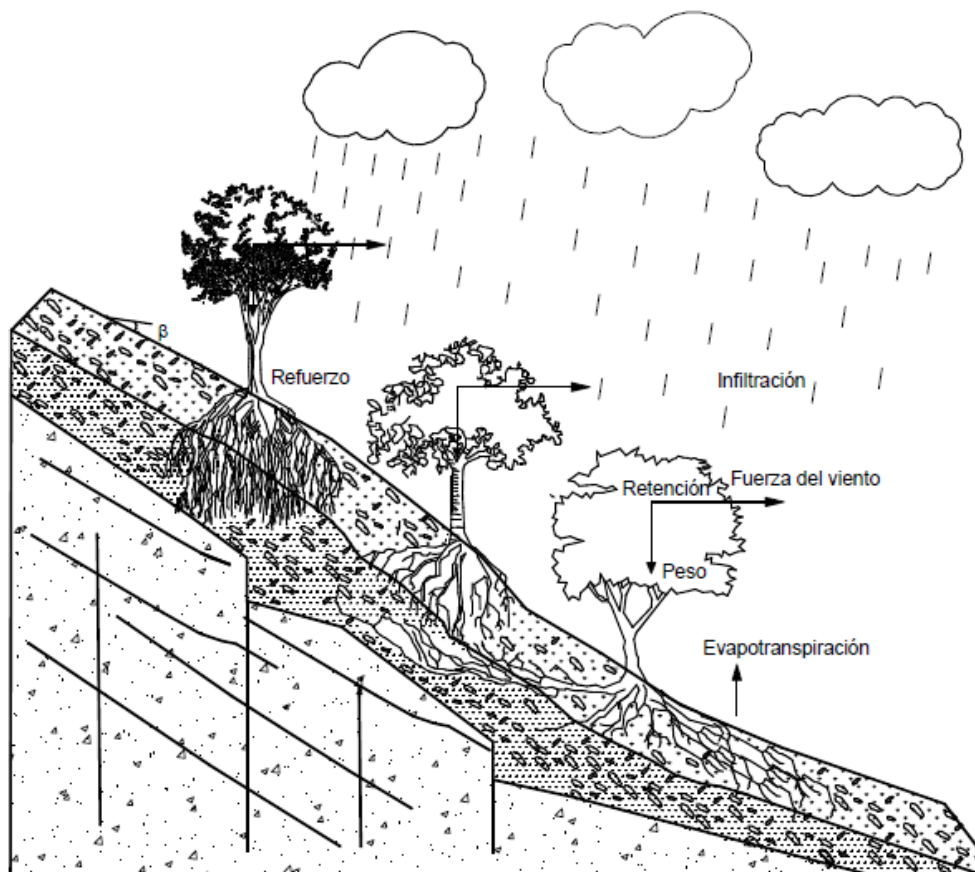


Figura 2.2. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 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 (**Figura 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 (**Figura 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*” (**Figura 2.6**), 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.

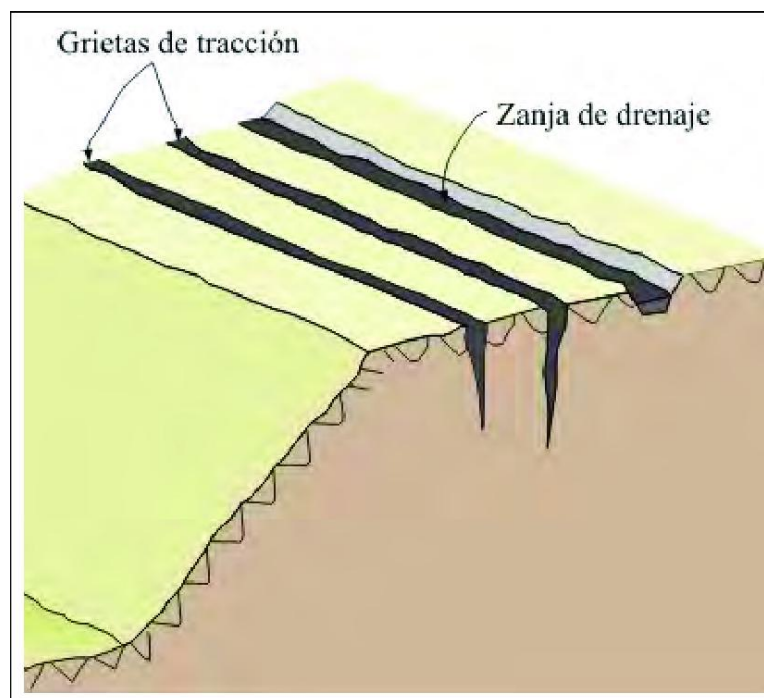


Figura 2.4. Zanjas o canales de coronación para deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).

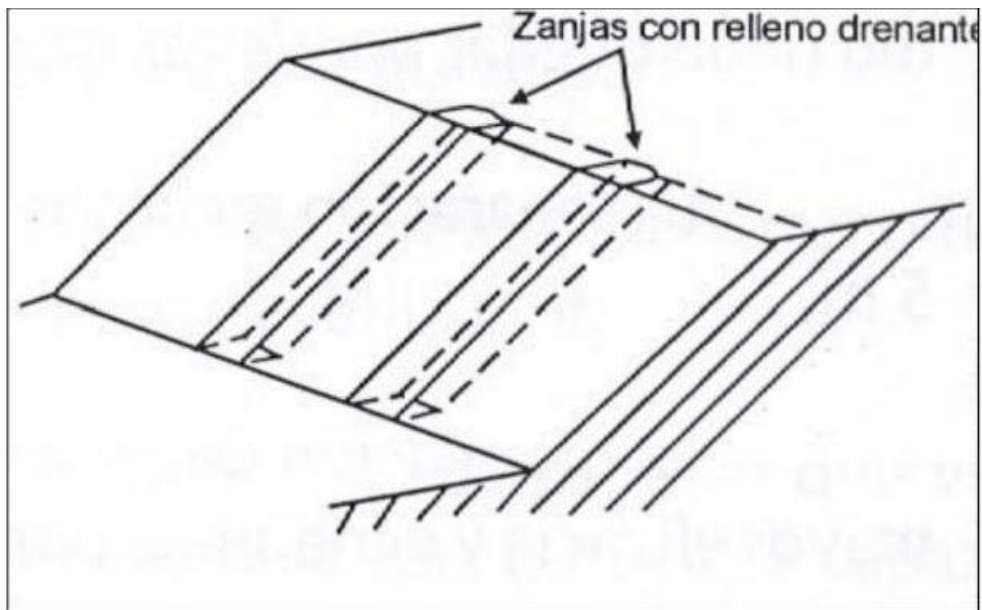


Figura 2.5. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



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