

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7671

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SOGORAGRA

Departamento: Huánuco
Provincia: Dos de Mayo
Distrito: Marías



OCTUBRE
2025

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SOGORAGRA

(Distrito Marías, Provincia Dos de Mayo, Departamento Huánuco)



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

Equipo Técnico

*Wilson Gómez Cahuaya
Mauricio Núñez Peredo
Freddy Córdova Castro*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). "Evaluación de peligros geológicos en el sector Sogoragra". Distrito Marías, Provincia Dos de Mayo y Departamento Huánuco, informe técnico N° A7671, Ingemmet 49p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3.1. Ubicación	6
1.3.2. Población	7
1.3.3. Accesibilidad	7
1.3.4. Clima	8
1.3.5. Sismos.....	9
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	12
2.1. Unidades litoestratigráficas	13
2.1.1. Complejo Metamórfico del Marañón	13
2.1.2. Depósitos Cuaternarios	15
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	15
4.1. Pendientes del terreno.....	15
4.2. Índice Topográfico de Humedad (TWI).....	17
4.3. Unidades geomorfológicas.....	18
4.3.1. Montaña en Roca Metamórfica (RM-rm).....	18
4.3.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd).....	20
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	21
5.1. Movimientos en masa en el sector Sogoragra	21
5.1.1. Deslizamiento antiguo.....	21
5.1.2. Deslizamiento reactivado 1	23
5.1.3. Deslizamiento reactivado 2	24
5.1.4. Caída de rocas	26
5.1.5. Flujo de detritos.....	28
5.1.6. Derrumbes	29
5.2. Factores condicionantes.....	32
5.3. Factores desencadenantes.....	33
5.4. Análisis de la sección geológico-geodinámica de los movimientos en masa 34	36
6. CONCLUSIONES.....	36
7. RECOMENDACIONES.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO 1: MAPAS.....	40

ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS 44

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Sogoragra, ubicado en el distrito Marías, provincia Dos de Mayo 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.

La geología de la zona está representada por una secuencia deformada poco competente atribuida al Complejo Metamórfico del Marañón, cuya litología consiste de esquistos micáceos muy fracturados que superficialmente se hallan fuertemente meteorizados. Estas rocas se encuentran tapizadas y cubiertas por una capa de suelos residuales y de material coluvio-deluvial con características físicas y geotécnicas inconsolidados e incompetentes poco cohesivos que provienen de un antiguo deslizamiento, los cuales se encuentran dispuestos sobre una ladera con pendientes fuertes a muy fuertes.

Las geoformas resultantes de los procesos geológicos, configuran un relieve moldeado por un sistema montañoso labrado en roca metamórfica, donde expone una ladera con pendiente muy pronunciada cubierta por una vertiente coluvio-deluvial, favoreciendo así los procesos de movimientos en masa.

Los principales peligros geológicos identificados son; deslizamiento antiguo reactivado, caída de rocas, derrumbes y flujo de detritos que ponen en evidencia la fuerte actividad geodinámica en la ladera oeste del cerro Radaspunta.

El deslizamiento reactivado ubicado en la ladera media-baja del cerro Radaspunta constituye el proceso más reciente, activo y de mayor peligrosidad, comprometiendo la estabilidad de la ladera, la seguridad física de la población y la infraestructura local. Presenta un escarpe en formación de ~408m de longitud con desniveles de hasta 1 a 2.5 m. Las grietas de tensión se concentran en el cuerpo del deslizamiento y evidencian el estado activo del evento, lo que lo convierte en una zona altamente susceptible a deslizarse ladera abajo.

De acuerdo con las condiciones y características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Sogoragra como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos.

Por último, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, así como, implementación de un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo del deslizamiento y derrumbes, sellar los agrietamientos con el objetivo de evitar la infiltración del agua en épocas de intensas precipitaciones, implementar la descolmatación de la quebrada Sogoragra, desquinche controlado de bloques sueltos propensos a caída, complementar con estudios geotécnicos y estabilidad de taludes antes de realizar cortes de carretera y considerar la reubicación de la vivienda asentada en la parte baja del cuerpo del deslizamiento reactivado y finalmente 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 “Servicio de asistencia técnica en la 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 Dirección de Gestión Riesgo de Desastres del Gobierno Regional de Huánuco, según Oficio N°335-2024-GRH-GGR/ORGRDDNSC. 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 sector Sogoragra.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Wilson Gómez Cahuaya, Mauricio Núñez Peredo y al Bach. Freddy Córdova Castro 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 Marías.

La evaluación técnica se ejecutó en 03 etapas: i) Gabinete I, comprende la recopilación de antecedentes de estudios de geología, geodinámica externa y geomorfología por parte del INGEMMET; ii) Campo, que 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, 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 de Sogoragra del distrito de Marías, provincia Dos de Mayo 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 & Vilchez (2006). Este trabajo presenta un mapa regional de susceptibilidad por movimientos en masa, a escala 1:250 000, donde el sector Sogoragra 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., (2025). Describe y divide litológicamente las rocas del Complejo Metamórfico del Marañón entre los sectores Marías y Sogoragra.
- 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 Cobbing 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.

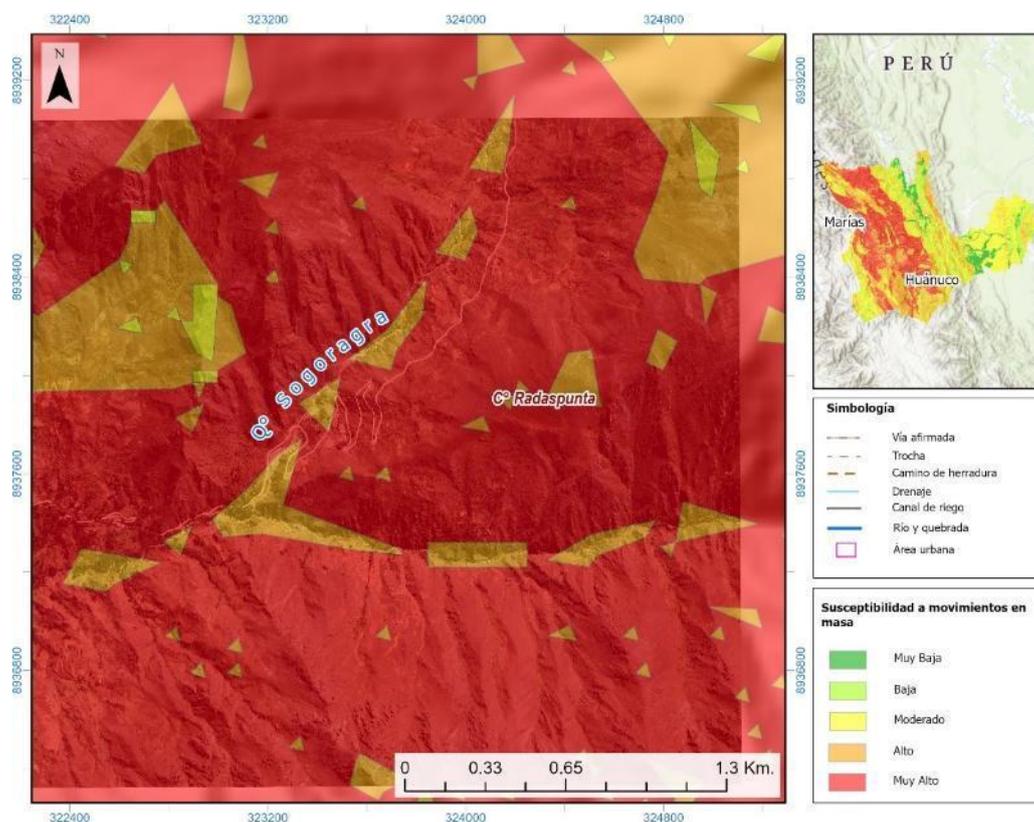


Figura 1. Los valores de susceptibilidad por movimientos en masa en el sector de Sogoragra muestran muy alto. Tomados de Zavala & Vilchez (2006). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Sogoragra pertenece políticamente al distrito Marías, provincia Dos Mayo y departamento Huánuco. Morfoestructuralmente, se ubican en el borde oeste de la Cordillera Oriental del centro del Perú (**Figura 2**).

Los sectores estudiados se enmarcan dentro de las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio. Sector Sogoragra.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	323030.00	8938015.00	-76.612636°	-9.603454°
2	324100.00	8938015.00	-76.602914°	-9.603454°
3	324100.00	8937411.00	-76.602914°	-9.608960°
4	323030.00	8937411.00	-76.612636°	-9.608960°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
	323598.00	8937804.00	-76.607471°	-9.605385°

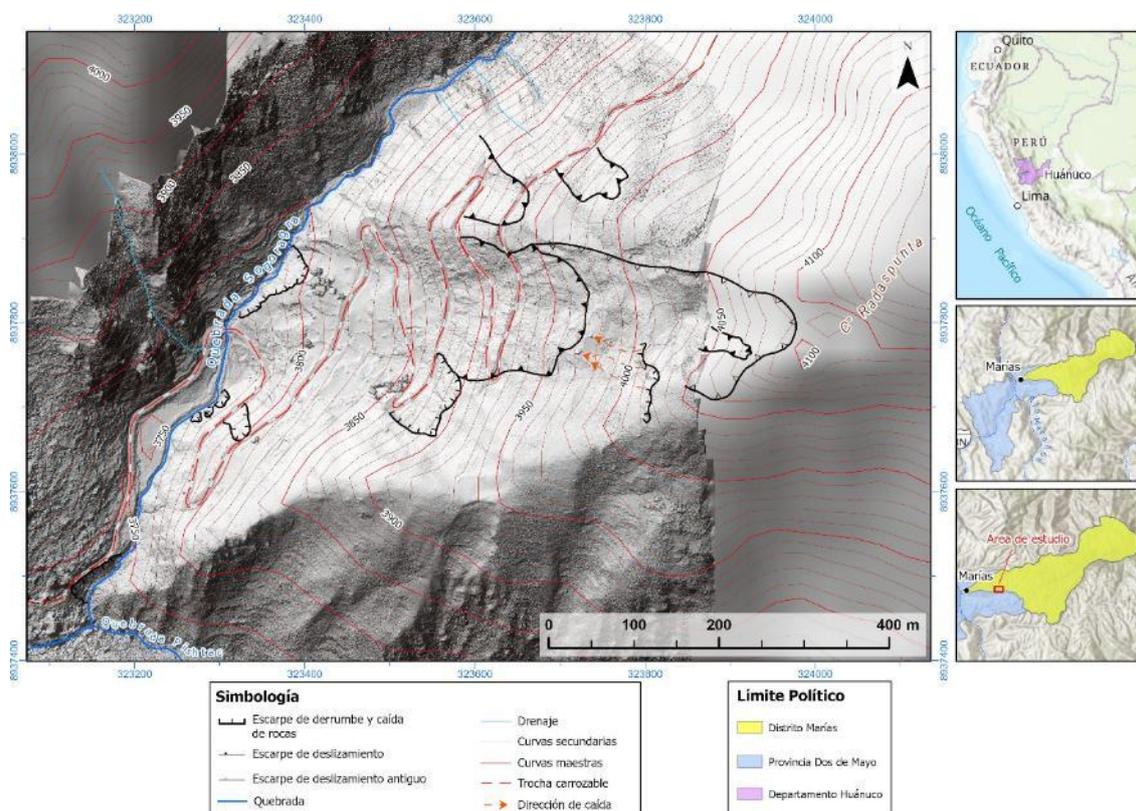


Figura 2. Mapa de ubicación del sector Sogoragra del distrito Marías, provincia Dos Mayo y departamento Huánuco.

1.3.2. Población

En el sector Sogoragra, sólo existe asentado una vivienda con una familia de dos integrantes, el cual están propensos a ser afectados a movimientos en masa.

Por su parte, la carretera afirmada que da acceso hacia los centros poblados Matamata y Arpero quedarían aislados si ocurriera un deslizamiento que destruya la vía carrozable.

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, a través de la siguiente ruta (**Tabla 2**).

Tabla 2. Ruta de acceso hacia el sector Sogoragra.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Distrito Marías	Asfaltada y vía afirmada	473	8 horas 48 min
Distrito Marías – Sector Sogoragra	Trocha carrozable	120	1 hora 32 min

1.3.4. Clima

De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el sector Sogoragra y alrededores presenta tres tipos de climas de los 38 definidos en la clasificación a nivel nacional. Se caracteriza por presentar una variación de climas que va de templado a frío (**Figura 3**).

Tabla 3. Tipo de climas en el sector Sogoragra, a partir del mapa climático del Perú (SENAMHI 2020).

Simbología	Descripción
B (o,i) C'	Lluvioso con otoño e invierno secos. (Frío).
B (r) B'	Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año. (Templado)

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la estación Jacas Grande ubicado en el distrito del mismo nombre, que es la más cercana al sector Sogoragra, específicamente a 20 km en recta desde la zona de estudio. Según estos datos disponibles de la estación meteorológica del SENAMHI, 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), el cual muestra que las precipitaciones más altas y anómalas registradas corresponden a los meses febrero del 2023, enero del 2024 y marzo del 2024. Llegando a superar ampliamente los 20 mm. Asimismo, se observa que las concentraciones más altas coinciden con las fechas en las que se reportaron movimientos en masa en el sector Sogoragra. (**Figura 3**).

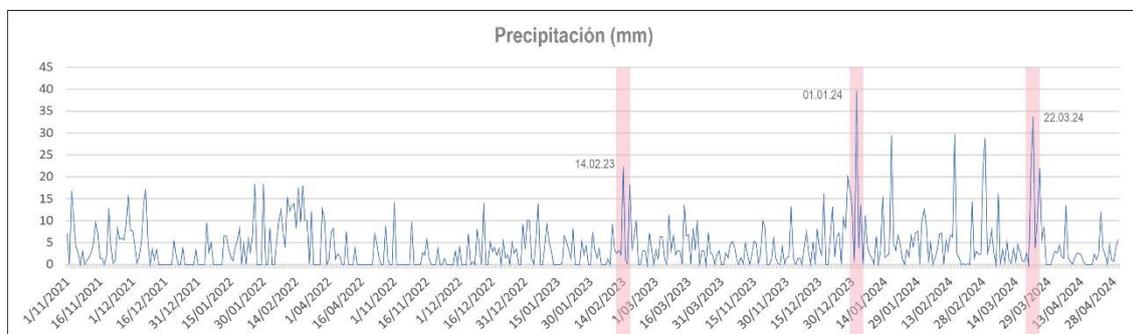


Figura 3. Precipitaciones diarias registrados en la estación Jacas Grande en el distrito homónimo, extraídas del SENAMHI. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Por otro lado, según los datos de precipitación diarias disponibles de la NASA, se tiene datos más puntuales en la zona evaluada que corresponden a los años 2016 (setiembre

a diciembre), 2017 al 2023 y 2024 (enero a abril) y se observa anomalías en noviembre del 2017, agosto 2018, enero 2021 y diciembre 2022, el cual logran superar los 50 mm (**Figura 4**).

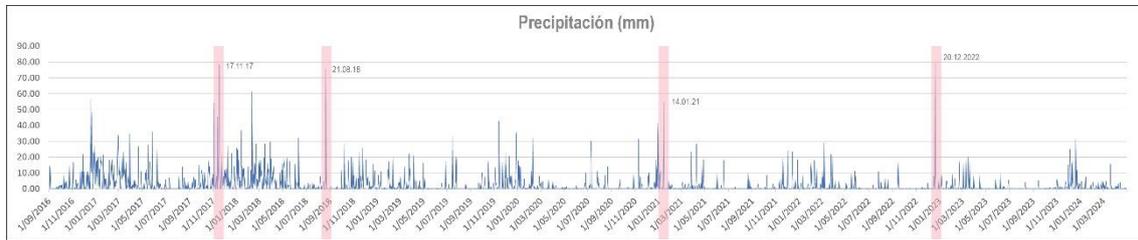


Figura 4. Precipitaciones diarias registradas por la NASA en el sector Sogoragra. Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

1.3.5. Sismos

Para estudios de movimientos en masa en el sector Sogoragra se ha analizado la base de datos del IGP, donde se plotea la distribución espacial de los epicentros de sismos ocurridos entre los años 1960 a junio del 2024. Asimismo, se plotea las fallas regionales y locales provenientes de la Carta Geológica Nacional (Geocatmin-Ingemmet). El cual, se observa que los sismos superficiales (menores a 30 km) que varían entre magnitudes que van de 4 a 5, estarían probablemente relacionados con estructuras regionales de dirección NNO y NE, como es el caso del Sistema de Fallas Conchucos-Yanahuanca (SFCY), el Sistema de Fallas Tlacayán (SFT) y el Sistema de Fallas Chavín-Contamana (SFCHC) (**Figura 5**).

Por otro lado, el sector Sogoragra se encuentra a 2 km de fallas potencialmente activas que podrían estar relacionados indirectamente con la generación de los movimientos en masa (**Figuras 24 y 25**).

Las disparadas sísmicas podrían estar relacionados a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre todo en el sector Sogoragra que se ubica entre dos sistemas de fallas regionales y cercana a fallas potencialmente activas. Estos movimientos causan inestabilidad en las laderas cubiertas con material semiconsolidado e incompetente, y dispuestos en pendientes fuertes a abruptas (**Figuras 5, 24 y 25**).

Tabla 4. Sismos según su profundidad.

Tipo	Profundidad (km)
Superficiales	0 a 30
Intermedios	30 a 100
Profundos	>100

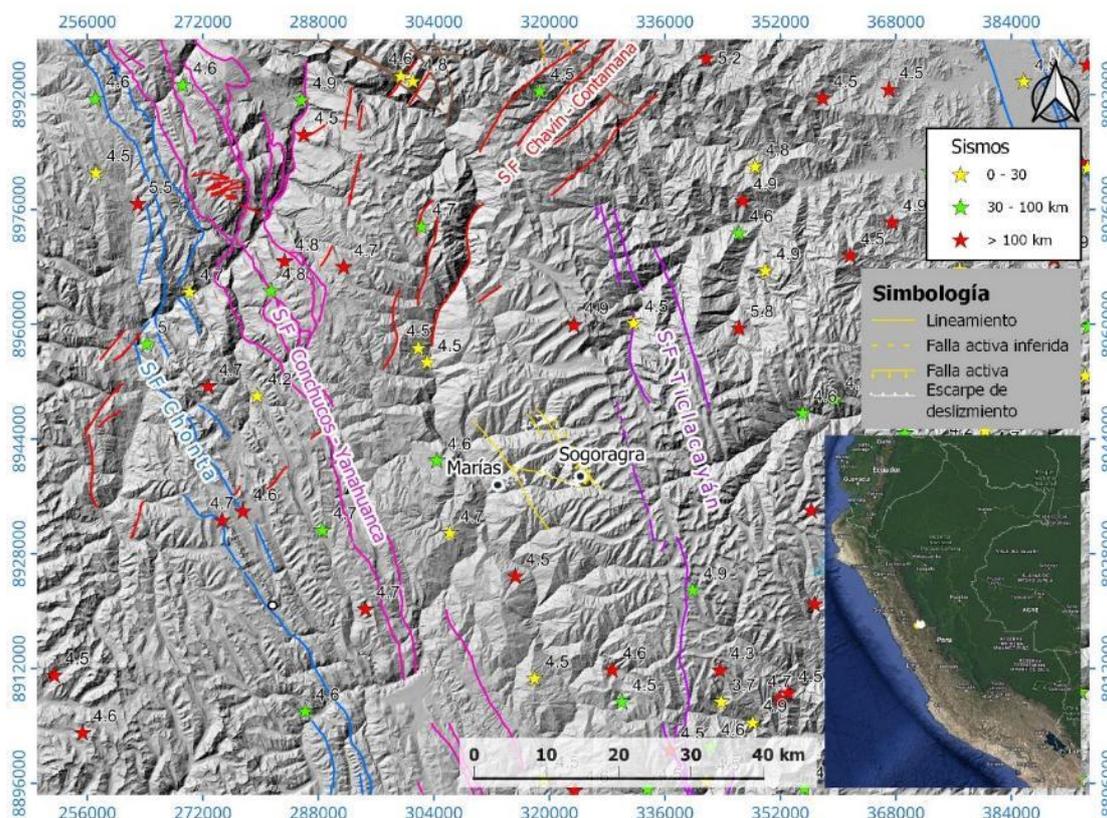


Figura 5. Sismos que podrían estar relacionados a los movimientos en masa en el sector Sogoragra. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). Las líneas de colores corresponden a sistemas de fallas (SF) regionales extraídas de la Carta Geológica Nacional.

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.

El sector Sogoragra se encuentra dentro de una extensa franja de dirección andina NO-SE, que, regionalmente constituye el borde oeste de la Cordillera Oriental desde el punto de vista morfoestructural. En esta franja afloran rocas metamórficas, las cuales han sufrido un intenso proceso de deformación a lo largo de su historia geológica, lo que pone en evidencia una intensa actividad tectónica pasada. Estas secuencias son atribuidas al Complejo Metamórfico del Maraón (CMM). El CMM se encuentra tapizada y cubierta discordantemente por una capa de suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales y aluviales (**Figura 6**).

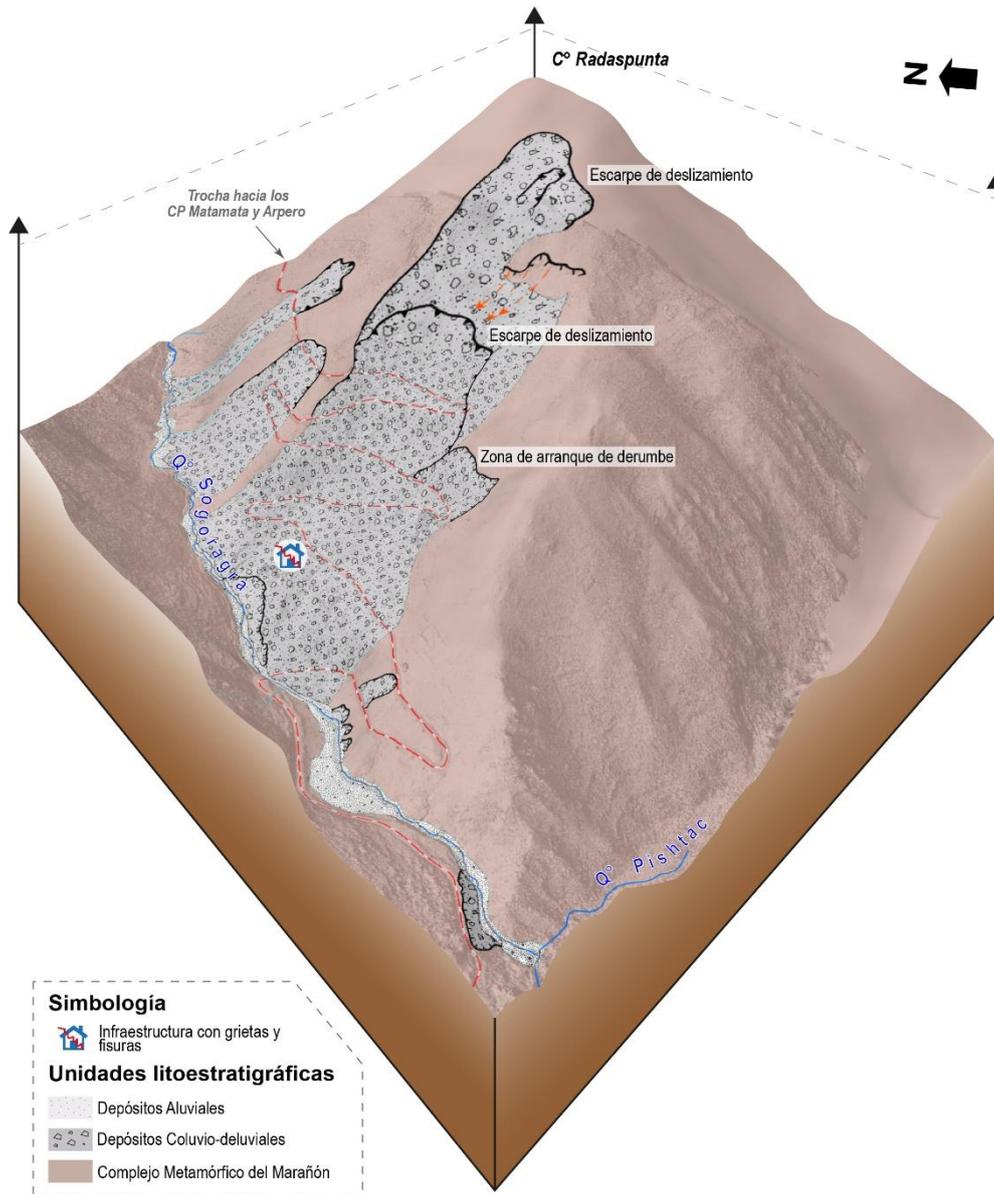


Figura 6. Block diagrama esquemático que muestra la geología y sus unidades litoestratigráficas en el sector Sogoragra.

2.1. Unidades litoestratigráficas

La unidad litoestratigráfica que interviene directamente en los procesos de movimientos en masa y además constituye el basamento como parte del substrato rocoso es el Complejo Metamórfico del Maraón (CMM), así también, como los depósitos coluvio-deluviales y depósitos aluviales.

2.1.1. Complejo Metamórfico del Maraón

Esta unidad aflora en gran extensión en el sector Sogoragra, sus principales afloramientos se observan en la ladera baja ubicada al oeste del cerro Radaspunta. Su litología consiste de esquistos micáceos de color gris oscuro con tonalidades verdosas en estructuras laminadas con aspecto astilloso que reflejan una esquistosidad y foliación moderada a fuerte, en donde las micas de muscovita forman pántinas y finas capas centimétricas bandeadas que hacen que se comporten como secuencias altamente incompetentes (**Figura 6 y Fotografía 1**).

Los macizos rocosos que conforman el CMM tienen características físicas de resistencia baja (Golpe del martillo) que oscilan entre los 25 a 50 Mpa, asimismo, se encuentra muy fracturado con más de cuatro sistemas de discontinuidades, con espaciamentos centimétricos que van de 1 a 15 cm con aberturas de 1 a 8 mm y rugosidad suave a rugosa, y que, superficialmente se encuentran fuertemente meteorizados. (**Fotografía 2**).



Fotografía 1. Afloramiento de esquistos micáceos del Complejo Metamórfico del Marañón (CMM) al oeste del cerro Radaspunta. Vista mirando al sur.



Fotografía 2. Detalle del esquisto micáceo ubicado en la ladera media del cerro Radaspunta.

2.1.2. Depósitos Cuaternarios

a. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media a baja de la ladera del cerro Radaspunta. Están constituidas por secuencias inconsolidadas, con fragmentos heterométricos y monométricos de esquistos micáceos con morfología subredondeada y subangulosa, con diámetro de 2 a 5 cm, envueltos en una matriz limo-arenosa y arcillosa pobremente graduada (**Figura 6 y fotografía 3**).

Por sus características físicas y geomecánicas, estas secuencias se caracterizan por formar suelos inconsolidados con baja cohesión y poco competentes que ofrecen baja resistencia a la erosión, adosadas en una ladera con pendientes fuertes, resultan altamente susceptibles a la generación de movimientos en masa, así como deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos (**Figura 6**).



Fotografía 3. Detalle de los depósitos coluvio-deluviales ubicado en la ladera baja del cerro Radaspunta.

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 dinámico en la propagación de las mismas.

Se consideraron seis rangos de pendientes que van de 0°-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° terrenos muy escarpados.

Para la zona evaluada se elaboró un mapa de pendientes de acuerdo con el modelo de elevación digital (DEM) de alta resolución proveniente del levantamiento de dron. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el sector Sogoragra oscilan entre pendientes moderados de 5° a 15°, fuertes 15° a 25°, muy fuertes 25° a 45° y pendiente muy escarpado que van superan los 45° de inclinación. **(Figura 7 y fotografía 4).**

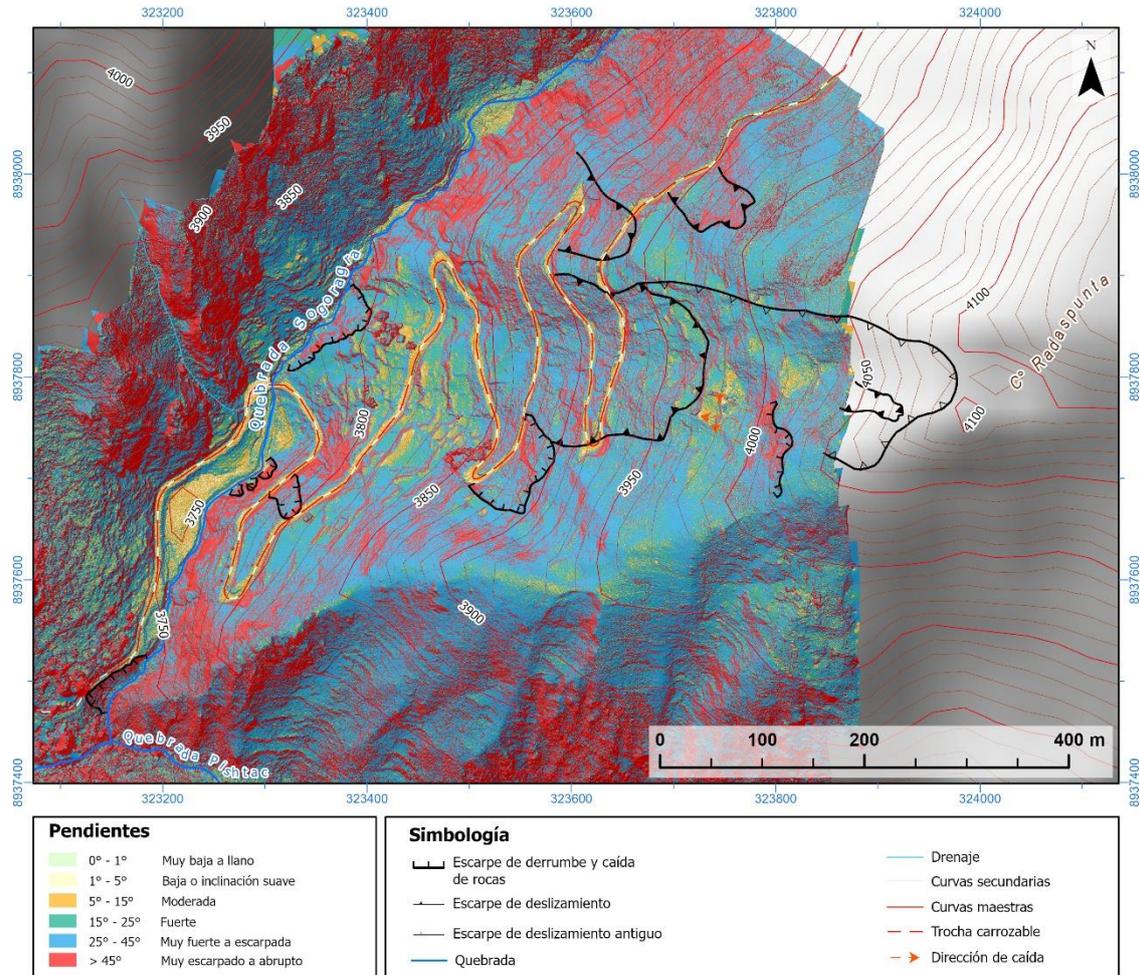


Figura 7. Mapa de pendientes de la zona evaluada del sector Sogoragra a partir de un DEM de alta resolución obtenida del levantamiento fotogramétrico.



Fotografía 4. Pendiente promedio de 25°-45° de la parte media y baja de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Nótese, la vivienda ubicada a pie de talud (flecha de color amarillo).

4.2. Índice Topográfico de Humedad (TWI)

El TWI (en sus cifras en inglés “Topographic Wetness Index”) permite identificar los lugares potenciales donde se concentra la humedad o las zonas de acumulación de aguas de escorrentía superficial. La obtención de este indicador fue realizada mediante una secuencia de análisis de modelos digitales de terreno (MDT) de alta resolución y precisión (en este caso, obtenido del levantamiento fotogramétrico con dron) y procesados en SAGA GIS.

En el sector Sogoragra se observa que las aguas de escorrentía superficial drenan sobre depósitos antiguos en la ladera y se concentran principalmente en la zona de depresión que ocasionó el deslizamiento antiguo, situado en la parte media del cerro Radaspunta. Sus aguas se encausan en torrenteras y surcos que se intensifican en épocas de precipitación, el cual, atraviesan de manera transversal la vía afirmada para expandirse sobre depósitos inconsolidados hasta desembocar en la quebrada Sogoragra (**Figura 8**).

Estos altos índices de humedad se manifiestan a través de surcos que incisan el terreno y que podrían incrementarse y profundizarse ante intensas precipitaciones pluviales, aumentando la inestabilidad de la ladera y la aceleración y reactivación de los procesos de movimientos en masa identificados en el sector Sogoragra (**Figura 8**).

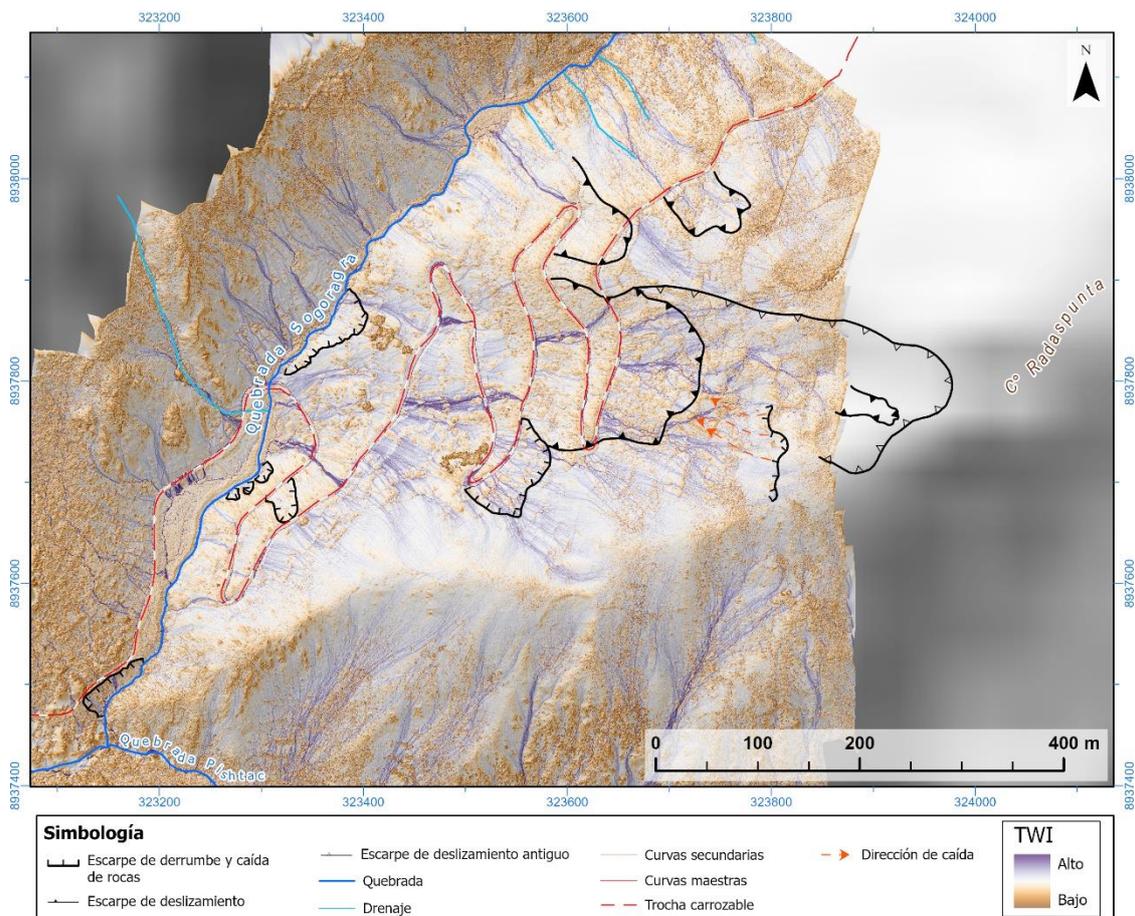


Figura 8. Aguas de escorrentía superficial que surcan sobre depósitos heredados por deslizamientos antiguos, lo que aumenta la saturación del terreno e inestabilidad natural de la ladera.

4.3. 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.

4.3.1. Montaña en Roca Metamórfica (RM-rm)

Geoforma labrada en roca metamórfica perteneciente al Complejo Metamórfico del Marañón. Esta unidad se extiende de manera significativa y ampliamente en el sector Sogoragra, donde el relieve predominante es de tipo montañoso. Su ladera oeste presenta una morfología algo escalonada, resultado de procesos geológicos antiguos (**Figura 9**).

El cerro Radaspunta, desde su cima a su base la quebrada Sogoragra tiene un desnivel de 350 m. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. En esta margen se alojan depósitos coluvio-deluviales dispuestas sobre pendientes fuertes a muy fuertes que en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de movimientos en masa (**Figura 9 y fotografía 5**).

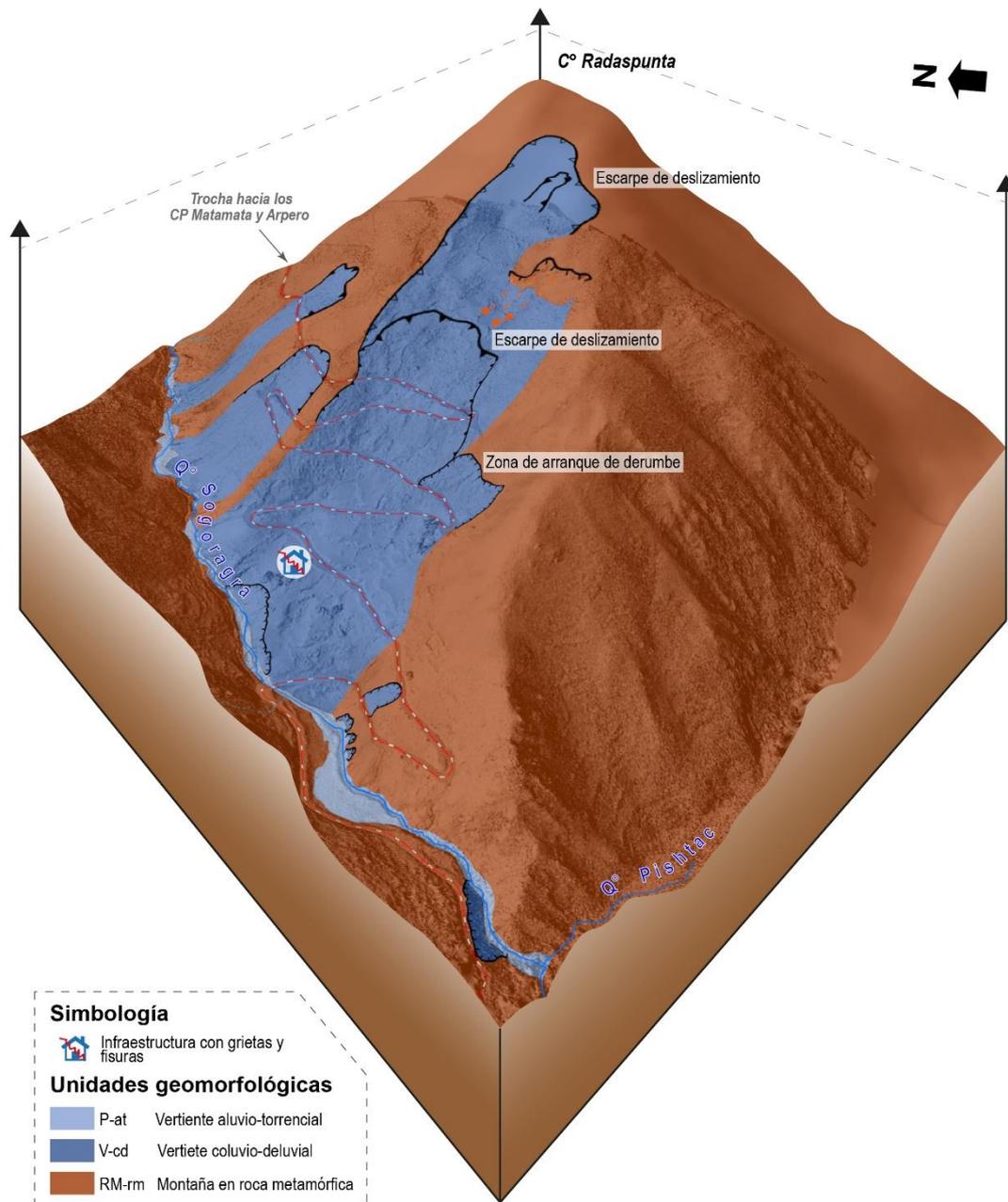


Figura 9. Block diagrama tridimensional donde se muestra el relieve montañoso y las diferentes unidades geomorfológicas en el sector Sogoragra.



Fotografía 5. Detalle del relieve montañoso labrada en roca metamórfica y sus laderas con pendientes muy pronunciadas que conforman el cerro Radaspunta. Vista panorámica mirando al noreste.

4.3.2. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Estas geoformas se hallan en la parte media a baja de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Esta vertiente ha sido originada por la acumulación de material de un deslizamiento que ocurrió en el pasado, y suelos residuales producto de la intensa meteorización de los esquistos micáceos del Complejo Metamórfico del Marañón (**Fotografía 6**).



Fotografía 6. Vertiente coluvio-deluvial en el sector Sogoragra. Vista mirando al noreste.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el sector Sogoragra 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”.

En el presente informe, se caracterizan y describen los principales peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el sector Sogoragra.

5.1. Movimientos en masa en el sector Sogoragra

La caracterización de los movimientos en masa en esta área, se realizó en base a la información obtenida durante los trabajos de campo. Se identificaron y registraron movimientos en masa, se realizó el cartografiado geológico y geodinámico, basado en la observación y descripción morfométrica in situ. Se tomaron datos GPS, fotografías panorámicas aéreas con dron y convencionales a nivel de terreno. Se realizó levantamiento fotogramétrico, en el cual se obtuvo un ortomosaico de 2.26 cm/pixel de resolución, este último complementada con el análisis de imágenes satelitales de Google Earth y Sentinel 2.

En el sector Sogoragra se identificaron deslizamientos antiguos, deslizamientos reactivados, así como también derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos (**Figura 10**).

5.1.1. Deslizamiento antiguo

En la ladera del cerro Radaspunta se instaló un deslizamiento que involucró gran volumen de rocas esquistosas del Complejo Metamórficas del Marañón, que previamente fueron afectados por la actividad tectónica y geodinámica externa que dio lugar a la formación macizos muy fracturados y altamente meteorizados (**Figura 10**).

Debido a la geometría del deslizamiento, el mecanismo del movimiento se trataría del tipo rotacional con flancos mediadamente cerrados que removilizó material residual ladera abajo. Su depósito se alojó en la ladera media a baja sobre pendientes fuertes a muy fuertes. En ella, se asentó una vivienda constituida por 2 habitantes, situadas en la en la margen izquierda de la quebrada Sogoragra (**Figuras 10 y 11**).

La traza de su escarpe principal presenta forma geométrica cóncava con aspecto rugoso que se distinguen en la cresta del cerro Radaspunta. Su escarpe tiene una longitud de 0.52 km y deja un desnivel que a la actualidad está erosionada y que no se logra precisar su altura (**Figura 11**).

Este deslizamiento compromete un área total de 10.4 ha en medio de la ladera oeste del cerro Radaspunta, tiene un ancho ~146 m en la zona de escarpe y ~216 m en la zona del depósito y acumulación (**Figuras 10 y 11**).

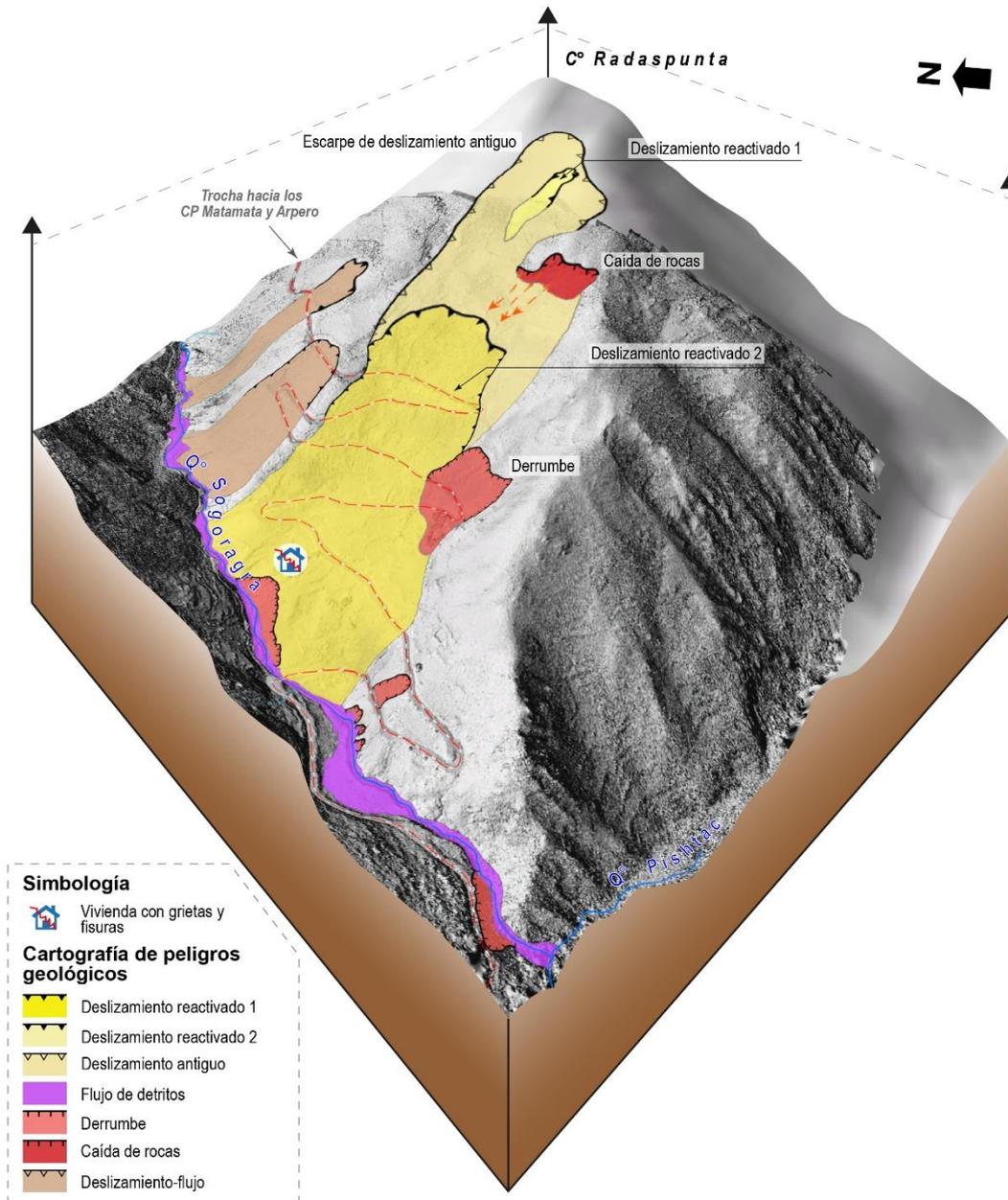


Figura 10. Block diagrama tridimensional donde muestra la cartografía de los movimientos en masa identificados en la ladera oeste del cerro Radaspunta y a lo largo de la quebrada Sogoragra, en el sector homónimo a la quebrada.



Figura 11. Escarpe principal del deslizamiento antiguo. Nótese los escarpes reactivados en la cresta y en la parte media-baja de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Vista mirando al noreste.

5.1.2. Deslizamiento reactivado 1

Este evento se le cataloga como deslizamiento inactivo-latente, se emplaza en la parte media superior de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Su eskarpe nace en la cota 4070 m.s.n.m. y presenta una morfología semicircular de forma cóncava de longitud 129 m (**Figuras 10 y 11**).

Este deslizamiento tiene un área de 0.22 ha y según sus características morfológicas representa un evento de menor magnitud que se encuentra dentro del cuerpo de un deslizamiento antiguo. Este evento tiene forma alargada, por la morfología y pendiente del terreno, el material se movilizó y se depositó sobre una zona semiplana ubicada en la parte superior de la ladera (**Figura 12**).

Este movimiento pone en evidencia que la zona de eskarpe y corona del deslizamiento antiguo presenta procesos de reactivación que podrían evolucionar en eventos de gran magnitud y extensión (**Figura 12**).



Figura 12. Escarpe del deslizamiento reactivado 1, situado en la parte media superior de la ladera oeste del cerro Radaspunta.

5.1.3. Deslizamiento reactivado 2

Este deslizamiento presenta una dinámica de movimiento en estado activo, representa reactivaciones más distales situados al pie del deslizamiento antiguo. Se localiza en la parte media baja de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Se trata de un evento reciente que presenta un escarpe en formación con morfología semicircular y geometría cóncava algo apretada entre sus flancos y tiene una longitud de ~408 m (**Figura 10**).

El movimiento inicia en la cota 3970 m s.n.m y deja un salto con desnivel de terreno que van de 1 a 2.5 m en la vertical. Este deslizamiento tiene una geometría semicircular elongada con un ancho de ~105 m en la zona de escarpe, mientras que, en la zona de acumulación tiene un ancho de ~265 m (**Figuras 13 y 14**).

Según las características morfológicas y morfométricas del terreno, este evento presenta un movimiento aparentemente del tipo deslizamiento-flujo con desplazamiento lento pero continuo, y que se acentúa en épocas de intensas precipitaciones y prolongadas (**Figuras 13 y 14**).

En la parte media de la ladera, a ~206 m del escarpe principal, a la altura de la cota 3898 m s.n.m. se registran grietas en el cuerpo del deslizamiento que han afectado transversalmente la vía afirmada. Estas grietas, con una longitud de hasta 30 m, presentan aberturas que oscilan entre 5 y 10 cm, evidenciando una pérdida de la estabilidad de la ladera oeste del cerro Radaspunta (**Figura 14**).

La presencia de estas grietas sugiere un proceso activo y deformación progresiva del terreno, lo que podría acelerarse ante condiciones desencadenantes como las precipitaciones prolongadas y ante sismos detonados por fallas potencialmente activas, como los que se observan al este del sector Sogoragra (**Figuras 23 y 24**).

Por otro lado, en la parte distal del deslizamiento activo y a la margen izquierda de la quebrada Sogoragra se observan grietas de tracción que atraviesan transversalmente a una vivienda y que ponen en evidencia el movimiento activo del deslizamiento (Figuras 15 y 16).



Figura 13. Deslizamiento reactivo 2 y derrumbe situado en la parte baja y media de la ladera oeste del cerro Radaspunta. Margen izquierda de la quebrada Sogoragra.



Figura 14. Deslizamiento reactivo 2 desde una vista más frontal y el derrumbe que afecta el flanco izquierdo del deslizamiento situados en la parte media superior de la ladera oeste del cerro Radaspunta.



Figura 15. Grietas de tensión ubicadas en el cuerpo del deslizamiento reactivado 2 y que afectaron la trocha carrozable en el sector Sogoragra.



Figura 16. A) Fisura que atraviesa la pared de la vivienda ubicada al pie del deslizamiento reactivado 2. B) Grieta que pone en evidencia el estado activo del deslizamiento. Estas imágenes fueron proporcionadas por la oficina de GRD del gobierno regional de Huánuco.

5.1.4. Caída de rocas

En la ladera oeste del cerro Radaspunta, que en promedio presenta una pendiente $\sim 40^\circ$, se evidencia geformas que sobresalen al relieve a manera de crestas con paredes empinadas, lo que las convierte en zonas altamente susceptibles a caída de rocas que ponen en peligro latente a los pobladores y la infraestructura vial (**Figura 10**).

En la parte media superior del cerro Radaspunta, ubicado precisamente en el flanco izquierdo del deslizamiento antiguo, se encuentra un macizo rocoso muy fracturado y moderadamente meteorizado, presentando siete (07) sistemas de discontinuidades con planos de dirección medidos con la regla de la mano derecha Strike/dip ($D1=S1: N21^{\circ}/12$, $D2=N65^{\circ}/38^{\circ}$, $D3=N304^{\circ}/61^{\circ}$, $D4=N45^{\circ}/64^{\circ}$, $D5=N157^{\circ}/67^{\circ}$, $D6=N20^{\circ}/58^{\circ}$ y $D7=N220^{\circ}/38^{\circ}$), con superficies lisas a algo rugosas. Algunas discontinuidades han dado lugar a la formación de bloques semi sueltos controlados por los planos de inclinación en sentido contrario, el cual se interceptan en forma de cuña (**Figura 17 A y B**).

Para el análisis cinemático de estas discontinuidades, se ha analizado a partir de proyecciones estereográficas en el software libre Stereonet de Rick Allmendinger's Stuff, para ello, se usó como referencia un ángulo de fricción de 28° para esquistos, tal como sugiere Gonzáles de Vallejo et al. (2002), así también, para un talud natural ($62^{\circ}/290^{\circ}$). El resultado nos da, una alta probabilidad de mecanismo de ruptura tipo cuña (**Figura 17C**).

Por otro lado, se observa un megabloque con medidas de aproximadamente $4m \times 6m \times 5m$ que sobresale al terreno y dispuesto sobre una pendiente muy fuerte inclinada hacia la quebrada Sogoragra. De acuerdo a las observaciones de campo, este bloque se encuentra propenso a caída, en cuál su dirección de alcance y trayectoria se proyecta hacia la trocha carrozable. Evidencias de bloques y megabloques caídos se muestran ladera abajo, el cual configuran zonas con fuerte actividad geodinámica (**Figuras 17 A y B**).

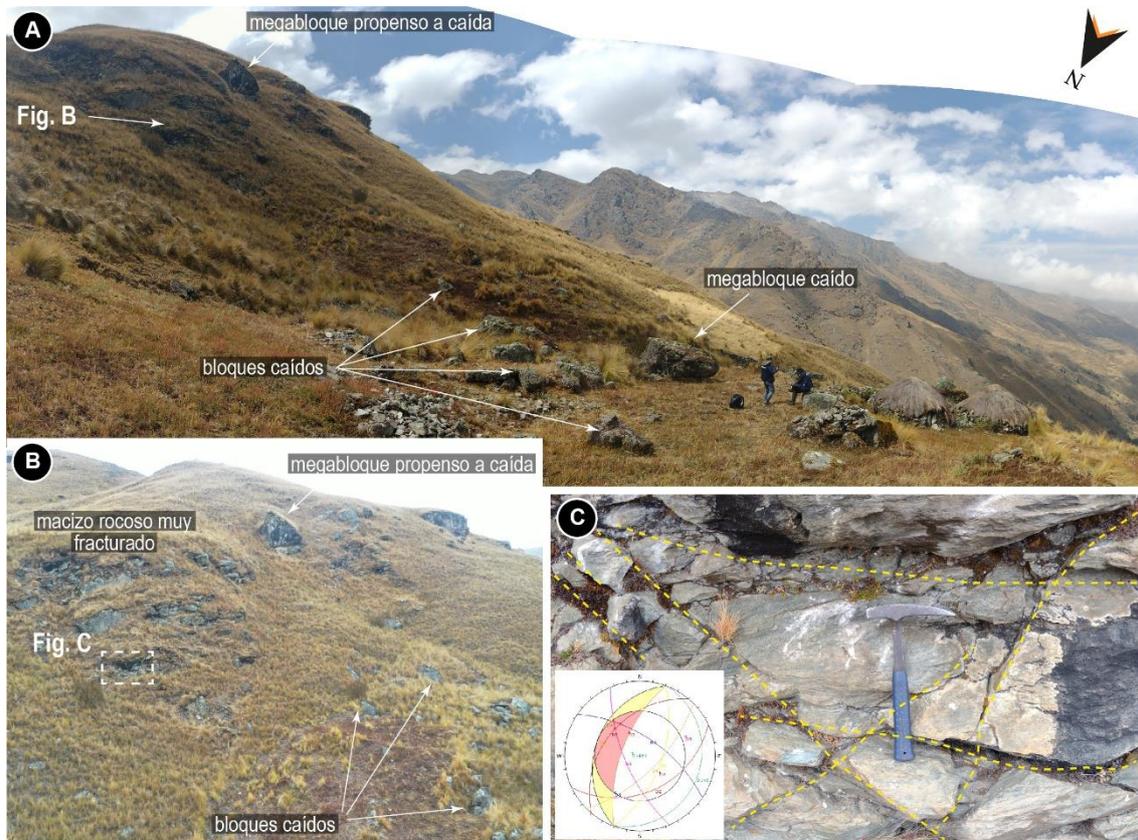


Figura 17. A) y B) Caída de rocas proveniente de un macizo rocoso previamente muy fracturado que pone en peligro a los pobladores ladera abajo. Nótese, el megabloque propenso caída. C) Detalle del macizo rocoso muy fracturado con alta probabilidad de mecanismo de ruptura tipo cuña.

5.1.5. Flujo de detritos

Se trata de eventos que ocurrieron en febrero y abril del año 2024 relacionados a las fuertes precipitaciones registradas en dichas fechas, según reportes de los pobladores locales, así también, corroborado por el análisis temporal a partir de las imágenes satelitales y un ortomosaico derivado del levantamiento fotogramétrico con dron (**Figuras 18 A y B**). Los flujos descendieron de la parte alta y se canalizaron a lo largo de la quebrada Sogoragra, acarreando material detrítico heterométrico de formas subangulosas a subredondeadas constituido por bloques, bolones y gravas inmersos en una masa de finos de arena y limos.

En análisis de la huella del flujo revela que habría alcanzado una altura máxima de 2 a 2.5 m, depositando un volumen de detritos y finos que cubrió un área de ~2695 m² en la margen derecha de la quebrada Sogoragra, a 135 m aguas abajo del puente Rumichaca (**Figura 18B y 19C**).

Por otro lado, el flujo provocó la colmatación parcial de la quebrada, lo cual socavó la plataforma basal de concreto del puente y débilmente los estribos. Asimismo, destruyó las piscigranjas ubicadas a 110 m aguas abajo a la margen derecha de la quebrada Sogoragra (**Figura 19**).

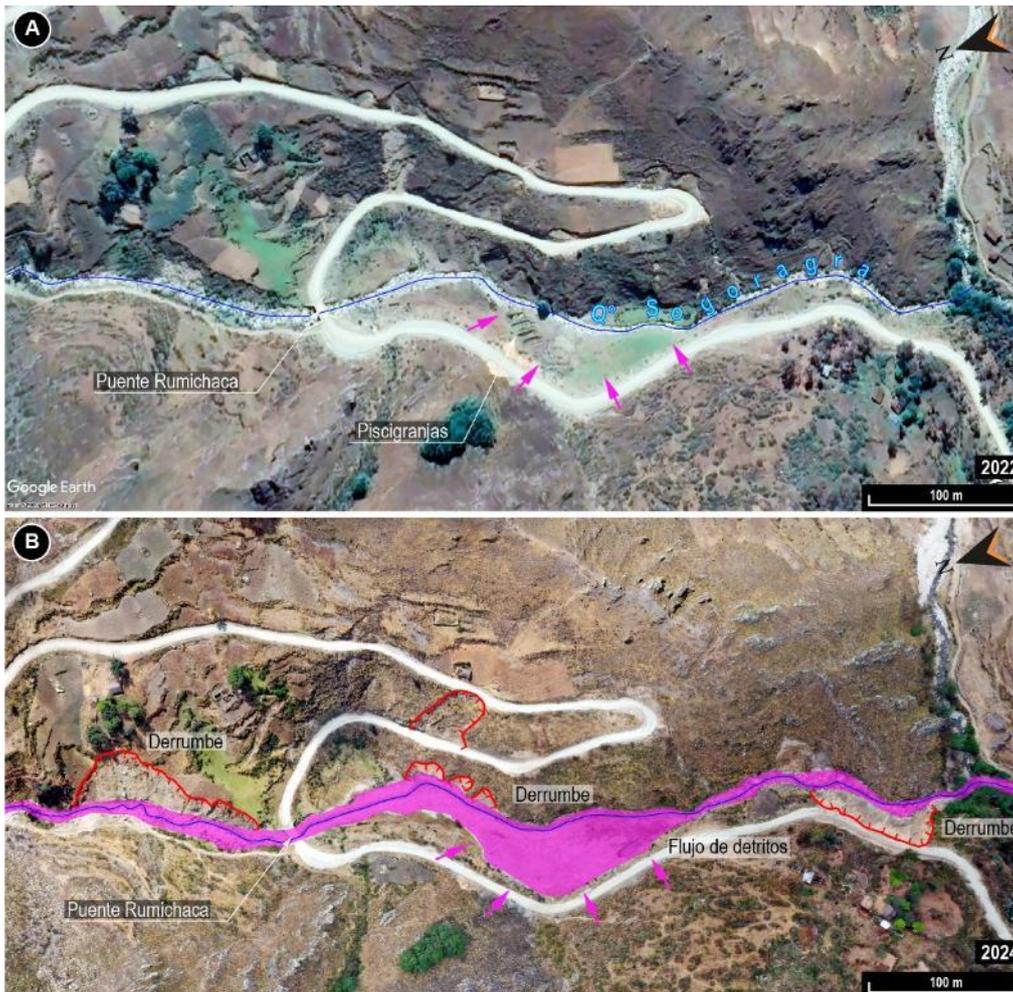


Figura 18. A) y B) Análisis temporal entre los años 2022 al 2024 a partir de imágenes satelitales y ortofoto, donde se muestra el flujo de detritos a lo largo de la quebrada Sogoragra. Flechas magenta: área afectada. Líneas rojas: zonas de arranque de los derrumbes.



Figura 19. A) Flujo de detritos que afectó la parte inferior del puente Rumichaca. B) El evento afectó la plataforma basal de concreto y débilmente los estribos. C) Aguas abajo, se observa la expansión del flujo de detritos que socavó parcialmente la parte lateral de la trocha carrozable.



Figura 20. Flujo de detritos ocurrido el año 2024 relacionado a las fuertes precipitaciones. Este evento socavó lateralmente la margen izquierda provocando derrumbes de menor magnitud.

5.1.6. Derrumbes

En la ladera oeste del cerro Radaspunta se han identificado cinco (05) zonas de derrumbes en estado activo que ponen en evidencia la intensa actividad geodinámica en el sector Sogoragra (**Figura 21**).

Las zonas de derrumbe denominadas 1 se sitúa espacialmente en el flanco izquierdo del deslizamiento reactivado 2, mientras que, las zonas 2, 3 y 4 se ubican a lo largo de la quebrada Sogoragra, estas últimas, se relacionan directamente con el socavamiento lateral que ejerció el flujo de detritos durante su trayecto aguas abajo (**Figuras 18 y 21**).

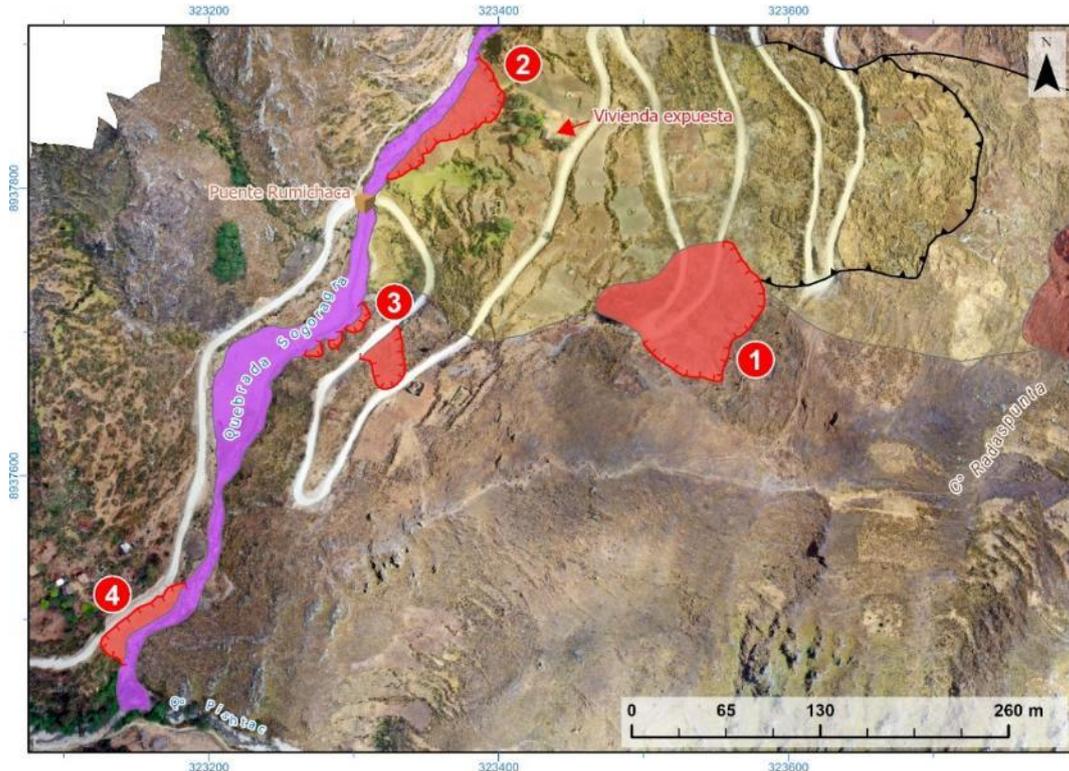


Figura 21. Distribución espacial de las zonas de derrumbes identificados en la ladera oeste del cerro Radaspunta y a lo largo de la quebrada Sogoragra.

El derrumbe 1, presenta una geometría circular elongada que involucra un área de ~0.6 ha. La traza de la zona de arranque nace en la cota 3908 m s.n.m y tiene forma semicircular e irregular de ~182 m de longitud. Paralela al arranque se observa grietas de tensión de hasta 36 m de longitud que ponen en evidencia el estado activo y avance retrogresivo del derrumbe (**Figura 21**).

Este evento involucra un depósito poco competente adosado sobre una ladera de pendiente muy pronunciada, que compromete de manera sincrónica el flanco izquierdo del deslizamiento reactivado 2, así también un tramo de ~181 m de trocha carrozable (**Figuras 18 y 21**).

Por otro lado, el derrumbe 2 se ubica al pie de la ladera y compromete la parte basal del deslizamiento reactivado 2. Presenta una zona de arranque de forma sinuosa y continua de 144 m de longitud e involucra un área de 0.17 ha. Su reciente actividad retrogresiva se manifestó a través de grietas que atravesaron una vivienda ubicada a 35 m de la zona de arranque. Este derrumbe se originó principalmente por el intenso socavamiento que produjo el flujo de detritos ocurrido en febrero y abril del 2024 (**Figuras 21 y 22**).

De acuerdo con las evidencias geomorfológicas, el derrumbe 2 compromete las condiciones estructurales de la ladera y podría ser un factor detonante para el

deslizamiento reactivado 2, que posteriormente causaría el represamiento y desembalse violento de la quebrada Sogoragra (**Figura 22**).



Figura 22. Derrumbe situado al pie del deslizamiento reactivado 2. Este evento guarda relación con el socavamiento lateral de la margen izquierda que produjo el flujo de detritos, aumentando la inestabilidad natural al pie de la ladera.

En tanto, a 82 m del puente Rumichaca aguas abajo, sobre la margen izquierda de la quebrada Sogoragra se ubica la zona de derrumbes 3. Se trata de tres cuerpos de derrumbes originados principalmente por el intenso socavamiento lateral que produjo el flujo de detritos ocurrido en los meses de febrero y abril (**Figuras 20 y 23A**).

Por su parte, a ~222 m del puente Rumichaca, situada a la margen derecha de la quebrada Sogoragra, casi en interacción con la quebrada Pishtac, se produjo un derrumbe (derrumbe 4) que destruyó la parte lateral de la trocha carrozable. El evento causó daños y colapso de un ancho de 1.5 a 2.0 m en un tramo de ~64 m lineales de trocha. La zona de arranque tiene ~98 m de longitud y el área total que afecta el derrumbe es de un total de 885 m² (**Figuras 21 y 23**).

En el flanco izquierdo del derrumbe 4, se observan grietas de tracción que reflejan el avance retrogresivo del derrumbe, el cual se proyectan la trocha carrozable. Las grietas se extienden en un tramo de ~14 m de longitud y presentan una abertura de 4 a 8 cm (**Figura 23C**).



Figura 23. A) Aguas abajo del puente Rumichaca, se observan derrumbes de menor magnitud producidos por el socavamiento lateral de la quebrada y del flujo de detrito. B) Derrumbe que destruyó la parte lateral de la trocha carrozable. C) Grietas de tracción adyacentes al derrumbe que podrían desencadenar eventos de mayor magnitud y prolongar la zona afectada.

5.2. Factores condicionantes

Los factores condicionantes que están relacionados a los procesos de movimientos en masa, es decir, la ocurrencia del deslizamiento se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 5. Factores condicionantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Litológicos	<ul style="list-style-type: none"> 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 a los procesos de movimientos en masa. Suelos residuales y depósitos coluvio-deluvial inconsolidados poco competentes y de baja cohesión que cubren la ladera media baja, que, además se encuentran sobre pendientes fuertes a muy fuertes, el cual las convierten en zonas inestables que propician la generación de deslizamientos.
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> Los deslizamientos se instalan en la parte media-baja de la ladera con pendientes muy fuertes de entre 25° a 45° de un sistema montañoso moldeado y esculpida en roca metamórfica. La vertiente coluvio-deluvial conformada por depósitos de antiguos deslizamientos presentan características geotécnicas poco competentes, sumado con la sobresaturación del suelo provocado

	por las fuertes precipitaciones, se encuentran adosadas sobre pendientes muy fuertes.
--	---

5.3. Factores desencadenantes

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

Tabla 6. Factores desencadenantes de los procesos de movimientos en masa.

Factores	Características asociadas
Precipitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Intensas precipitaciones pluviales y/o excepcionales, registradas principalmente entre los meses de noviembre a abril (Figuras 3 y 4)
Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> Aguas de escorrentía superficial que se acentúan en los meses de enero a abril, el cual discurren sobre la parte media-alta de la ladera, concentrándose en el cuerpo del deslizamiento reactivado 2. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales y sobresaturan el suelo (Figura 8).
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas en pendientes abruptas.
Fallas potencialmente activas	<ul style="list-style-type: none"> La presencia de fallas potencialmente activas localizadas al este del sector Sogoragra, que desestabilizan las laderas dispuestas en pendientes muy fuertes (Figuras 23 y 24). Sismos asociados a estas fallas que pueden causar vibraciones que desestabilizan el terreno y rocas, especialmente en suelos saturados sobre pendientes inestables (Figuras 23 y 24).
Antrópicos	<ul style="list-style-type: none"> Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona de escarpe del deslizamiento.

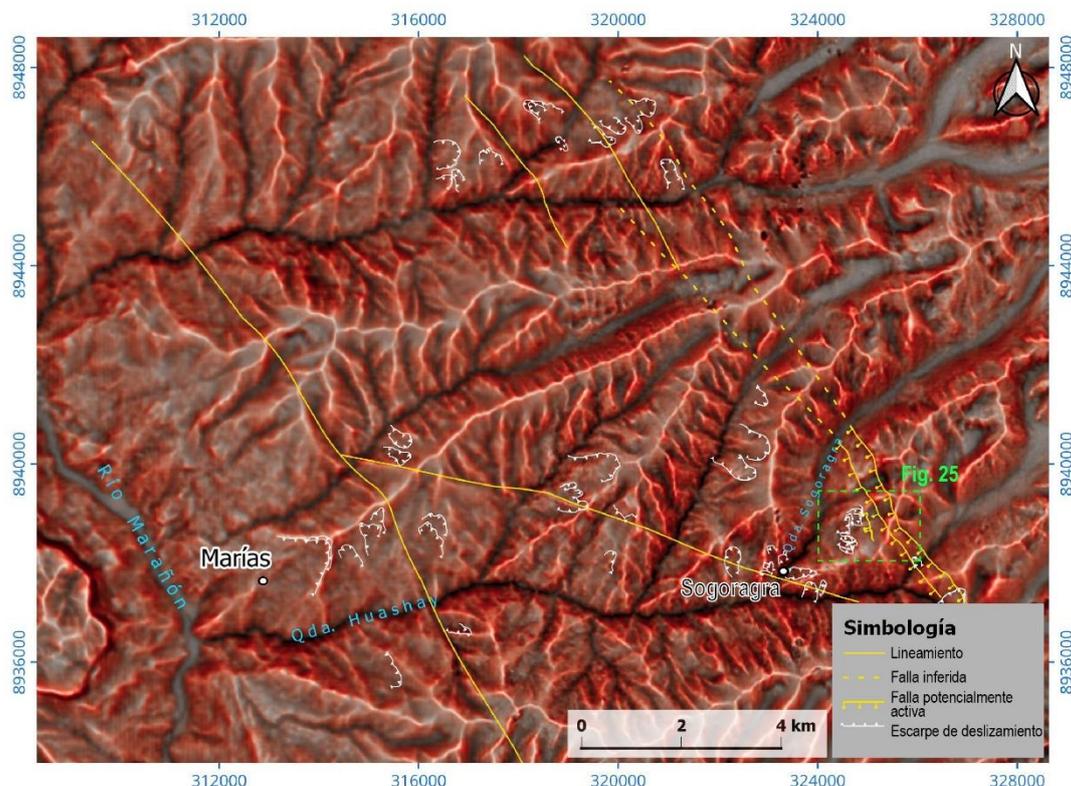


Figura 24. Fallas potencialmente activas al noreste del sector Sogoragra asociadas a la inestabilidad del terreno en laderas con cobertura de suelos saturados dispuestos sobre

pendientes fuertes a muy fuertes. Nótese la distribución espacial de los escarpes de los principales movimientos en masa identificados entre los sectores Marías y Sogoragra.

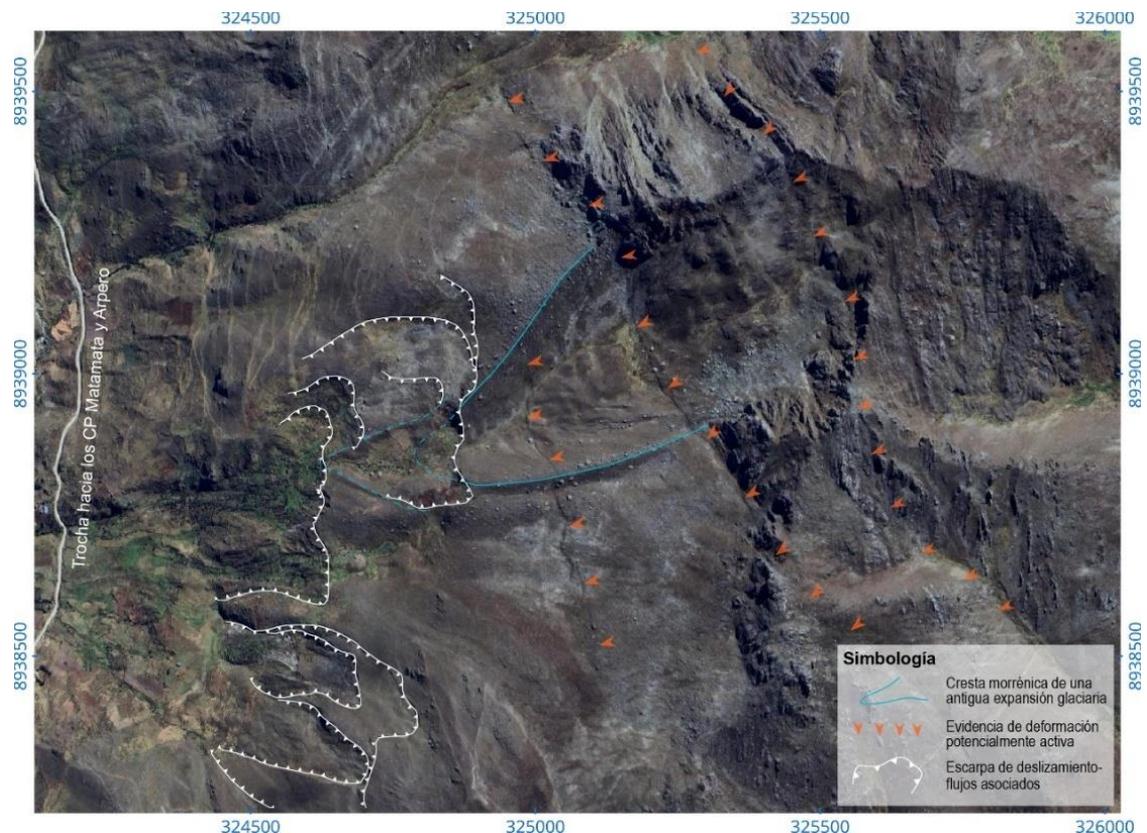


Figura 25. Detalle de las fallas potencialmente activas localizadas al noreste del sector Sogoragra. Se observa la traza de las fallas (flechas naranjas) que cortan transversalmente a las crestas (líneas celestes) de los depósitos morrénicos y estarían relacionados con los movimientos en masa generados ladera abajo (líneas blancas son los escarpes de deslizamiento-flujos).

5.4. Análisis de la sección geológico-geodinámica de los movimientos en masa

La sección A-B revela una accidentada topografía y un relieve algo escalonado que evidencia la actividad geodinámica muy activa, asimismo expone terrenos con pendientes que van de fuerte a muy fuerte.

El primer evento registrado fue un deslizamiento antiguo que involucró material residual y un macizo previamente triturado que fueron aprovechados por movimientos gravitacionales. Este deslizamiento antiguo nace en la cresta del cerro Radaspunta y removi6 material cerca de 600 m hasta depositarlo en la quebrada Sogoragra (**Figura 26**).

Los eventos posteriores son aparentemente parte de reactivaciones del primero que se manifiestan a través de deslizamientos que afectaron el depósito heredado del deslizamiento antiguo. El deslizamiento reactivado 2, representa un peligro alto debido a que en el cuerpo del mismo se encuentra asentada una vivienda, las grietas de tensión evidencian movimiento lento pero continuo el cual afecta gran parte la ladera (**Figura 26**).

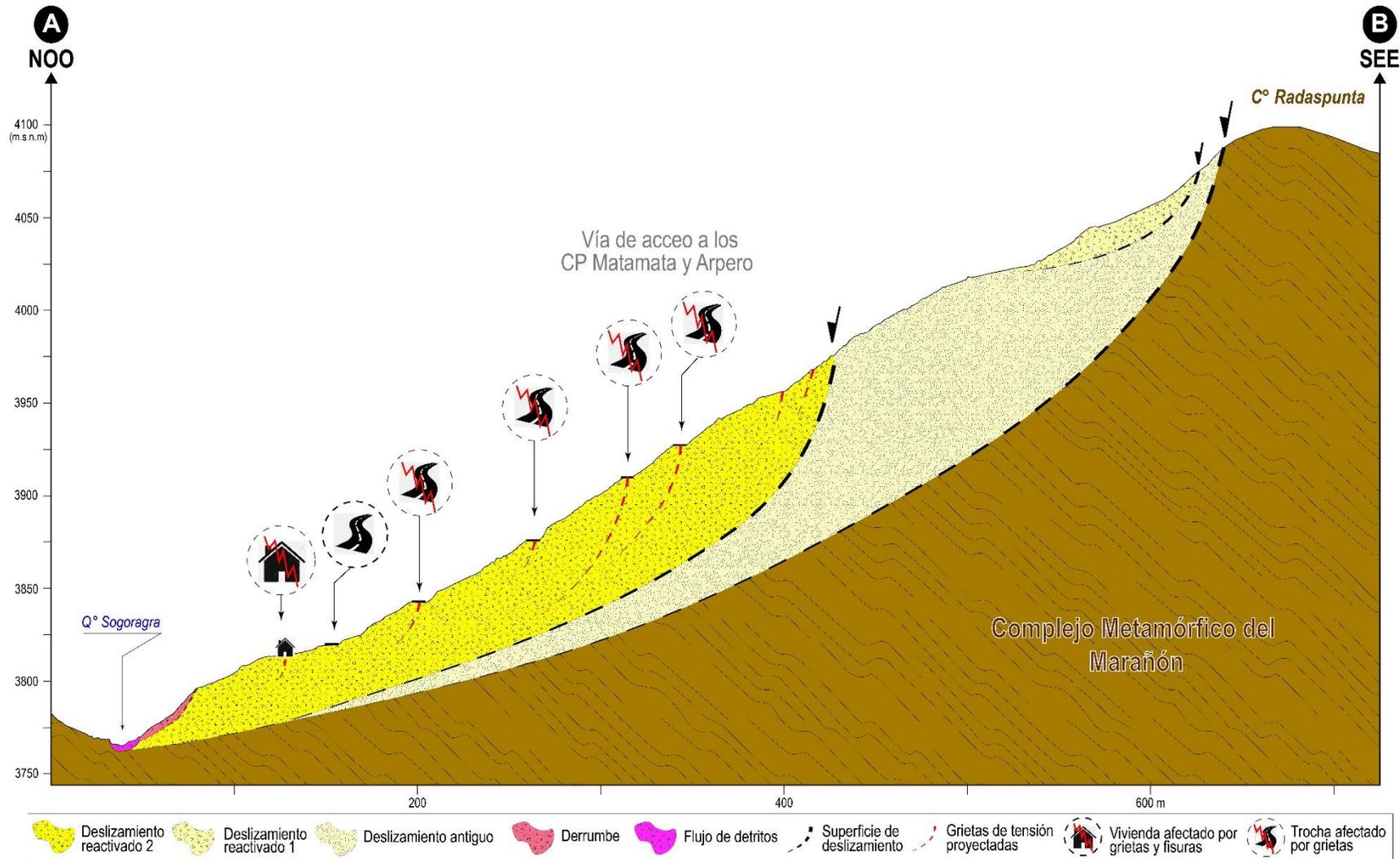


Figura 26. Sección geológico-geodinámica de los movimientos en masa identificados en la ladera oeste del cerro Radaspunta, sector Sogoragra. Las superficies de los deslizamientos se interpretaron a partir de las evidencias geomorfológicas en el terreno y la dinámica de los eventos.

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) El substrato rocoso está constituido por secuencias de rocas metamórficas del complejo Metamórfico del Marañón. Su litología está compuesta de rocas incompetentes de esquistos micáceos que superficialmente se encuentran muy fracturados y fuertemente meteorizados.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente sobre el basamento metamórfico. Se trata de acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos inmersos en una matriz limo arenosa y arcillosa, provenientes de antiguos depósitos y suelos residuales, y que presentan características geomecánicas poco competentes y de baja cohesión ofreciendo escasa resistencia a la erosión, lo que favorece la generación de procesos de movimientos en masa.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa en el sector Sogoragra se desarrollaron sobre un sistema montañoso moldeado en roca metamórfica con laderas de pendientes muy pronunciadas que oscilan entre 15° a 45°. Por su parte, las vertientes coluvio-deluviales se emplazan en la ladera oeste del cerro Radaspunta con pendientes muy fuertes de entre 25° a 45°. Estas condiciones morfológicas propias del terreno han inducido indirectamente la generación, evolución y reactivación de los diferentes movimientos en masa.
- 4) En el sector Sogoragra, se identificaron peligros geológicos como, un deslizamiento antiguo, deslizamientos reactivados, caída de rocas, derrumbes y flujo de detritos que ponen en evidencia una intensa actividad geodinámica en la ladera oeste del cerro Radaspunta y a lo largo de la quebrada Sogoragra.
- 5) El deslizamiento reactivado ubicado en la ladera media-baja del cerro Radaspunta, representa el evento con actividad más reciente que compromete la estabilidad de la ladera que podría afectar la vida de los pobladores y la infraestructura local. Este deslizamiento presenta un escarpe en formación de forma semicircular de ~408 m de longitud y desniveles de 1 a 2.5 m, con una geometría elongada que varía de ~105 m de ancho en la zona de escarpe a ~265 m en la de acumulación. Las grietas de tensión se concentran en el cuerpo del deslizamiento y evidencian el estado activo del evento, lo que lo convierte en una zona altamente susceptible a deslizarse ladera abajo.
- 6) Los derrumbes denominados 1 y 2 se ubican en el flanco izquierdo del deslizamiento reactivado 2 y al pie de la ladera respectivamente. Mientras que, los derrumbes 3 y 4 se sitúan en ambos márgenes de la quebrada, el cual, fueron originadas por el intenso socavamiento lateral ejercida por el flujo de detritos ocurrido en los meses febrero y abril del 2024.
- 7) El flujo de detritos se originó en la cabecera de la quebrada Sogoragra y descendió a lo largo de su cauce afectando la plataforma basal de concreto y débilmente los estribos del puente Rumichaca. Aguas más abajo provocó un derrumbe que destruyó un tramo de la trocha carrozable en ~64 m.
- 8) Los factores desencadenantes de los diversos movimientos en masa registrados en el sector Sogoragra se pueden atribuir a las intensas y prolongadas precipitaciones

reportadas entre los meses de enero a abril del 2024, así también, por sismos pueden reactivarse.

- 9) De acuerdo con las características y condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera al sector Sogoragra como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos.

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 Sogoragra.

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 Marías.
- 2) 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 del sector Sogoragra.
- 3) 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 Sogoragra, donde estos peligros pueden ocurrir y causar daños a la infraestructura, así como, vías de acceso, viviendas, áreas de cultivo, entre otros.

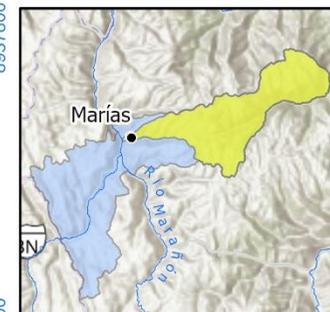
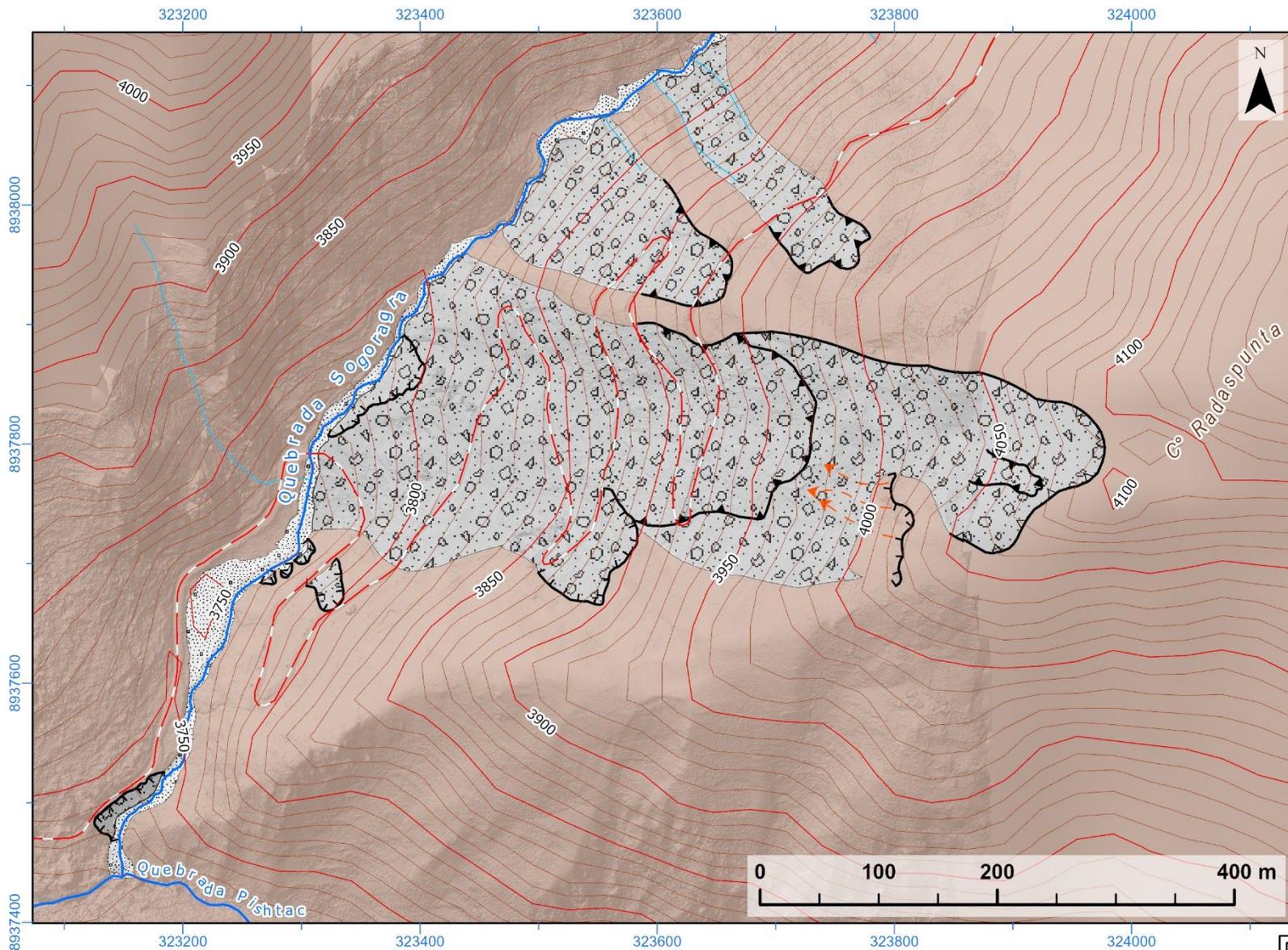
Ante deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y flujo de detritos

- a) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo de los deslizamientos y derrumbes.
- b) Construir zanjas de coronación en la cabecera del escarpe del deslizamiento reactivado para derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.
- c) Sellar los agrietamientos a fin de evitar la infiltración del agua durante lluvias intensas.
- d) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.
- e) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura en áreas de ocurrencia de deslizamientos activos ubicados en el sector Sogoragra.
- f) Implementar la descolmatación y mantenimiento periódico del cauce de la quebrada.
- g) Complementar con estudios geotécnicos y estabilidad de taludes antes de realizar cortes de carretera en la ladera oeste del cerro Radaspunta.
- h) Considerar la construcción de defensas ribereñas como enrocado o muros de roca en puntos más críticos a lo largo del cauce de la quebrada Sogoragra.
- i) Desquinchado de rocas propensas a caída, además de la instalación de red de anillos para los megabloques susceptibles a caída, previo estudio geotécnico.
- j) Considerar el reasentamiento de la vivienda asentada en la parte baja del deslizamiento reactivado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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, Transportati3n 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.
- González De Vallejo, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica, Ed. Pearson – Prentice Hall, Madrid, España.
- Mamani, Y.; Ramos, W.; Cervantes, J. & Fabian, C.; (2025). Geología de los cuadrángulos de Recuay (hojas 20i1 y 20i4) y La Unión (hojas 20j1, 20j2, 20j3 y 20j4). Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 142 p. INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 69.
- 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.; & Vilchez, M. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.

**ANEXO 1: MAPAS
MAPAS DEL SECTOR SOGORAGRA**



Unidades Litoestratigráficas

- Depósitos Aluviales
- Depósitos Coluvio-deluviales
- Complejo Metamórfico del Marañón

Simbología

- Escarpe de derrumbe y caída de rocas
- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Quebrada
- Drenaje
- Curvas secundarias
- Curvas maestras
- Trocha carrozable
- Dirección de caída

Límite Político

- Distrito Mariás
- Provincia Dos de Mayo
- Departamento Huánuco



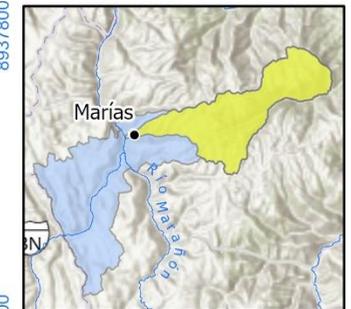
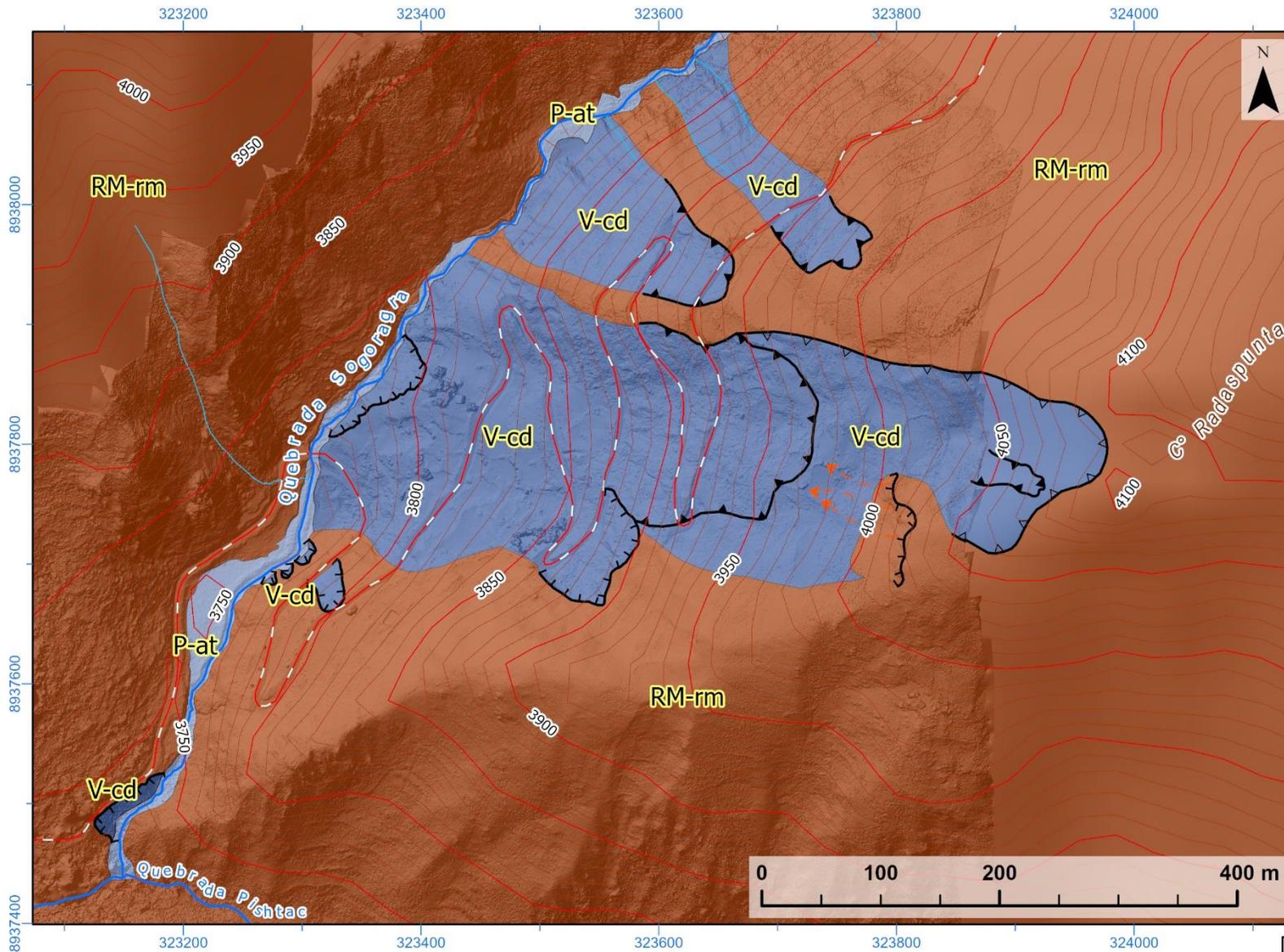
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

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

Mapa Geológico del Sector Sogoragra

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Versión digital: año 2024, Versión Impreso: 2024

01



Unidades Geomorfológicas	
	P-at Vertiente aluvio-terrencial
	V-cd Vertiente coluvio-deluvial
	MR-rm Montaña en roca metamórfica

Simbología			
	Escarpe de derrumbe y caída de rocas		Drenaje
	Escarpe de deslizamiento		Curvas secundarias
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Curvas maestras
	Quebrada		Trocha carrozable
			Dirección de caída

Límite Político	
	Distrito Marías
	Provincia Dos de Mayo
	Departamento Huánuco

INGEMMET
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

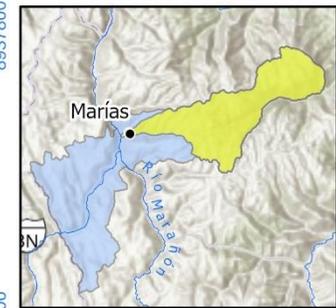
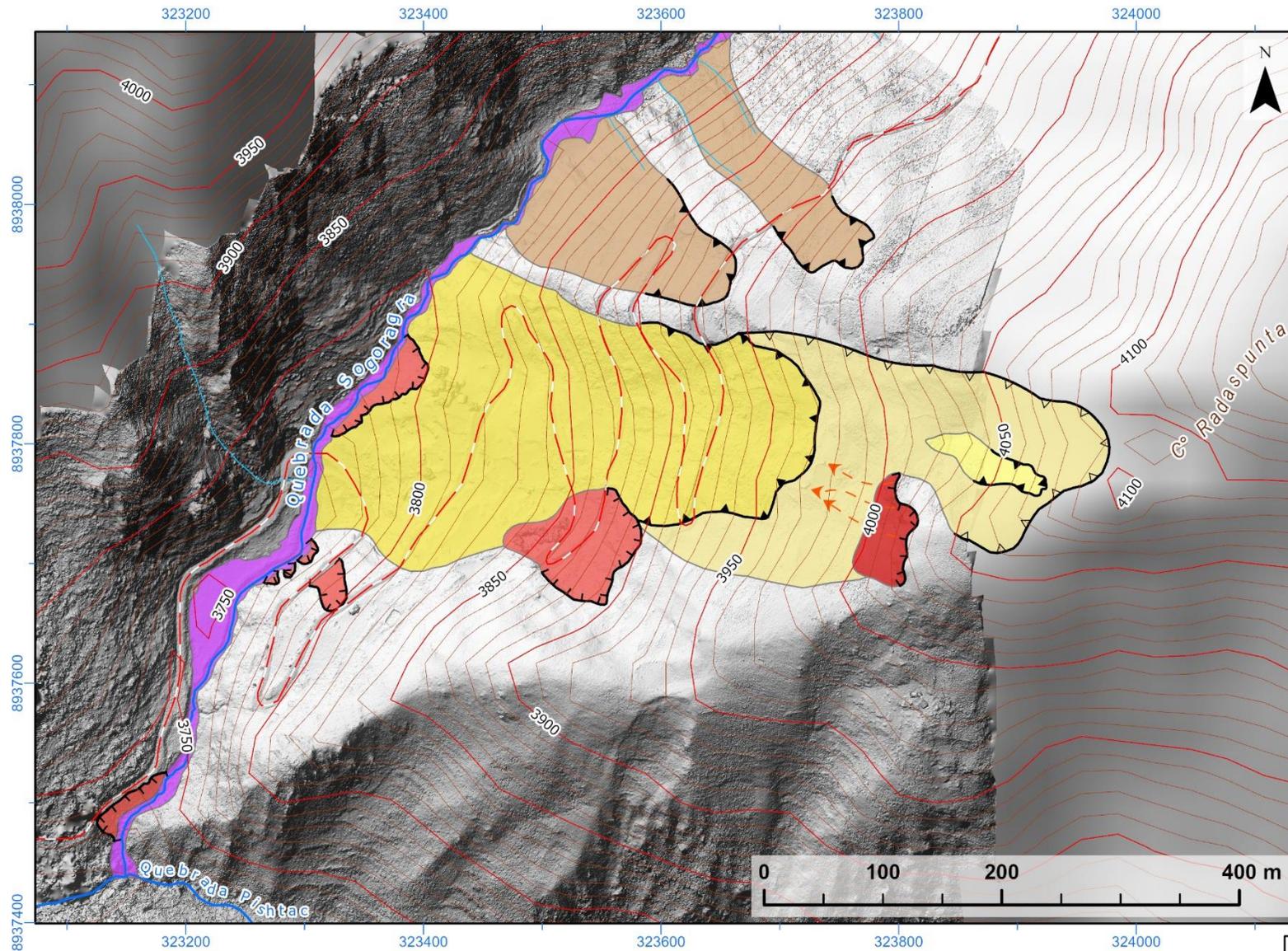
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

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

Mapa Geomorfológico del Sector Sogragra

Datum: UTM-WGS84, Zona 18s
Version digital: año 2024, Version Impreso: 2024

02



Cartografía de Peligros Geológicos

■ Caída de rocas	■ Deslizamiento-flujo
■ Derrumbe	■ Flujo de detritos
■ Deslizamiento reactivado 2	
■ Deslizamiento reactivado 1	
■ Deslizamiento antiguo	

Simbología

	Escarpe de derrumbe y caída de rocas		Drenaje
	Escarpe de deslizamiento		Curvas secundarias
	Escarpe de deslizamiento antiguo		Curvas maestras
	Quebrada		Trocha carrozable
			Dirección de caída

Límite Político

■	Distrito Marías
■	Provincia Dos de Mayo
■	Departamento Huánuco

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGIA 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 2024. Versión impreso: 2024

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 27**). 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.

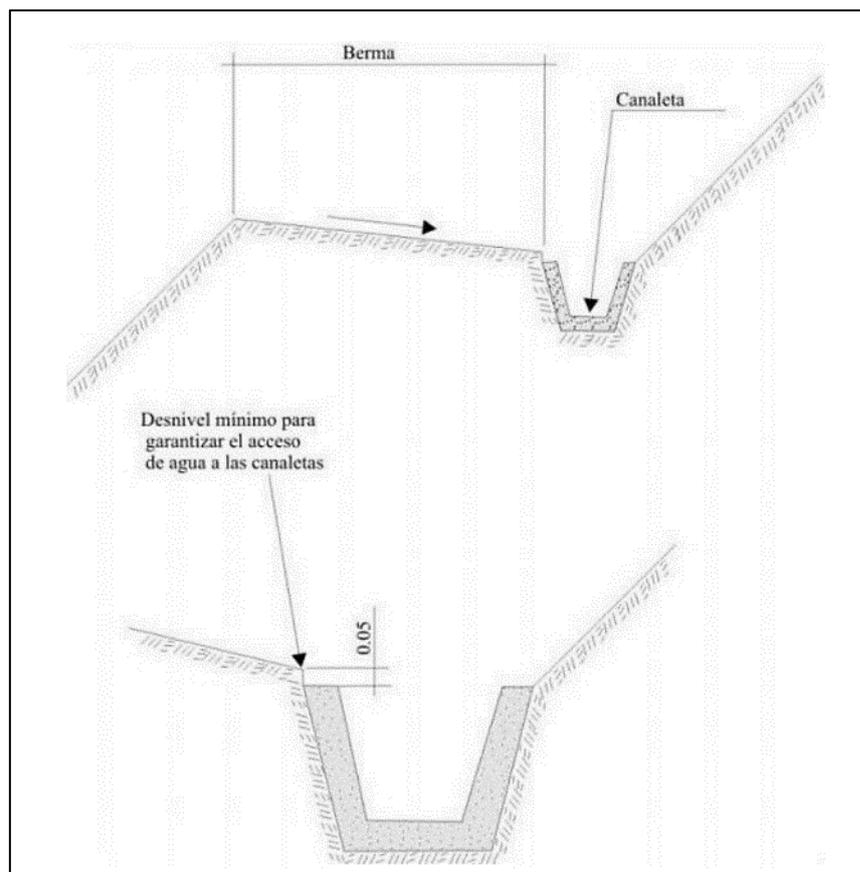


Figura 27. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

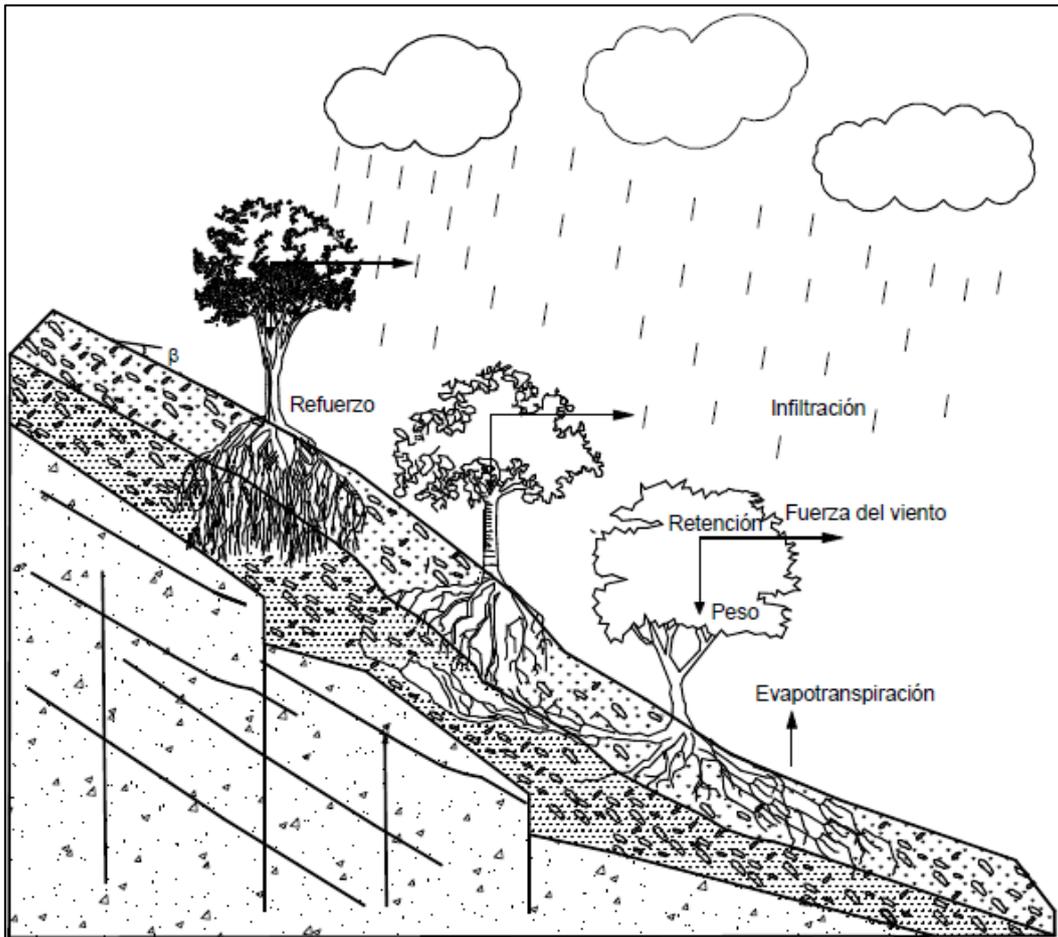


Figura 28. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 29. 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 30**).

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 31**).
- **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 32**), 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.

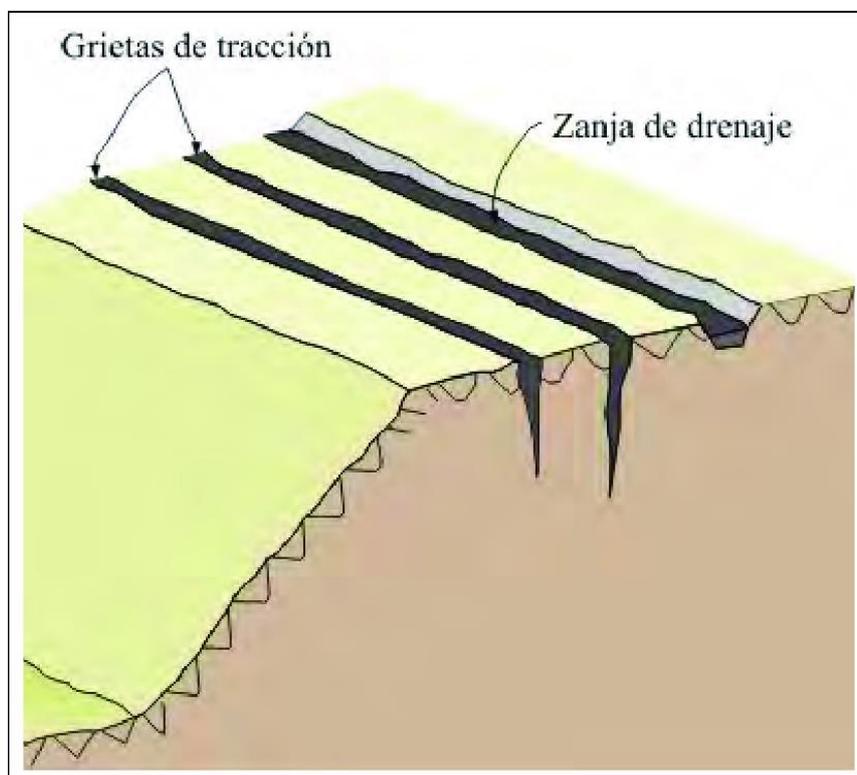


Figura 30. Zanjas o canales de coronación para deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).

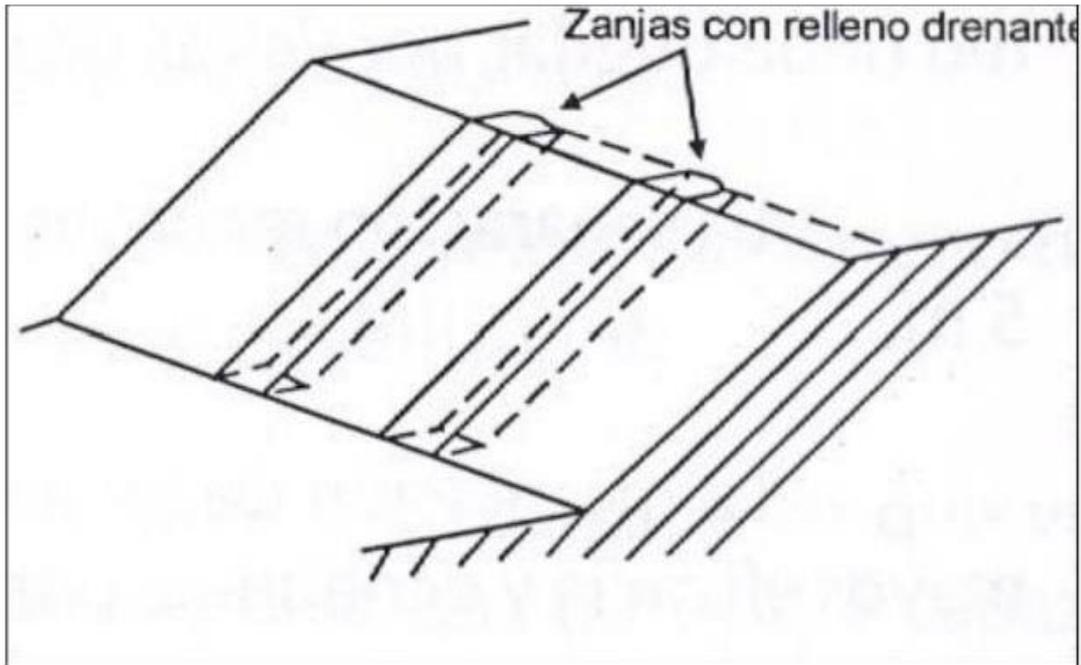


Figura 31. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Figura 32. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).

Red de anillos

Es un sistema de protección utilizado en taludes con riesgo de caída grande rocas, el que, actuando directamente sobre la zona afectada, permita fijar in situ los bloques rocosos inestables, conteniendo los mismos y por tanto eliminando el riesgo de desprendimientos.

Está constituida por anillos de acero entrelazados entre sí, sin solución de continuidad y de elevada resistencia. Su configuración permite gran adaptabilidad a la morfología del talud en laderas irregulares. Los anillos trabajan en conjunto en la red, y por ello son ideales para soportar altas cargas e impactos de alta energía ya sea de forma concentrada y distribuida. La red es colocada con anclajes al terreno, conteniendo el macizo fracturado o con riesgo de desprendimiento, la resistencia de la red de anillos es muy elevada (**Figura 33**).



Figura 33. Ejemplo de estabilización de rocas o bloques rocosos con red de anillos.