

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7626

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR MARÍAS

Departamento: Huánuco

Provincia: Dos de Mayo

Distrito: Marías



**MAYO
2025**

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR MARÍAS

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



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

Equipo Técnico

*Wilson Gomez 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 por deslizamiento en el sector Marías. Distrito Marías, provincia Dos de Mayo y departamento Huánuco.* Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7626, 51 p.

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales.....	7
1.3.1. Ubicación.....	7
1.3.2. Población.....	8
1.3.3. Accesibilidad.....	9
1.3.4. Clima	9
1.3.5. Sismos.....	10
2. DEFINICIONES	11
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	14
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	14
3.1.1. Complejo Metamórfico del Maraón (Neoproterozoico)	15
3.1.2. Depósitos Cuaternarios	16
3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd).....	16
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	18
4.1. Pendientes del terreno	18
4.2. Índice Topográfico de Humedad (TWI).....	20
4.3. Unidades geomorfológicas.....	21
4.3.1. Montaña en roca metamórfica (RM-rm)	22
4.3.2. Vertiente coluvio-deluvial (V-cd)	23
5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	24
5.1. Movimientos en masa en el sector Marías.....	24
5.1.1. Deslizamiento antiguo	27
5.1.2. Deslizamiento inactivo latente	29
5.1.3. Deslizamiento activo.....	30
5.1.3.1. Factores condicionantes.....	35
5.1.3.2. Factores desencadenantes.....	35
5.2. Daños ocasionados por los deslizamientos.....	35
5.3. Análisis de la sección longitudinal de los deslizamientos	38
6. CONCLUSIONES.....	40
7. RECOMENDACIONES.....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42
ANEXO 1: MAPAS.....	43
ANEXO 2: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS.....	47

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos asociados a movimientos en masa en el sector Marías, 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, es decir, local, regional y nacional.

Gran parte de la población del distrito de Marías con ~1058 habitantes, se encuentra asentada sobre una ladera altamente inestable, condicionada por la interacción de factores geológicos, geomorfológicos y geodinámicos que han propiciado la ocurrencia de movimientos en masa en distintos periodos.

En el sector Marías, el basamento rocoso está constituido por rocas del Complejo Metamórfico 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, se encuentran muy fracturados con más de cuatro sistemas de discontinuidades y superficialmente se hallan fuertemente meteorizadas. Estas rocas se encuentran tapizadas y cubiertas por una capa de suelos residuales y de material coluvio-deluvial inconsolidado poco cohesivo que provienen de un antiguo deslizamiento.

Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa labrada en roca metamórfica, caracterizada por un relieve accidentado, con pendientes pronunciadas que varían de 15° a 45°. Las geoformas de vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias a bajas al oeste del cerro Curi 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 accidentado de la ladera suroeste del cerro Curi Punta, evidencian una intensa actividad geodinámica desarrollada en el pasado y presente. Con las imágenes generadas a partir de un ráster RRIM, se definen rasgos morfológicos y morfométricos de un escarpe en estructura escalonada y basculada confinada a un deslizamiento antiguo que afectó gran parte de la ladera, en donde su depósito se encuentra ocupada por el asentamiento del distrito de Marías. En la actualidad, en este sector se ha evidenciado una zona de depresión y subsidencia en el que presenta procesos de movimientos en masa; diferenciándose un deslizamiento activo y un deslizamiento inactivo latente, aspectos que reflejan una clara inestabilidad del terreno, que puede afectar a los pobladores del distrito Marías e instituciones educativas, así como, la I.E N°064, I.E N°32230 y la I.E. Javier Pulgar Vidal.

De acuerdo a las características geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área evaluada, se considera al sector Marías como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** ante la ocurrencia de deslizamientos.

Por último, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, así como, la construcción de canales de 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, prohibición de construcción de nuevas viviendas e infraestructura en el área de ocurrencia de deslizamientos, considerar el

reasentamiento de viviendas en zonas de agrietamiento de los deslizamientos 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 suroeste del cerro Curi Punta y finalmente, se recomienda realizar un EVAR.

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 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 Marías.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Geólogos Wilson Gomez 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 tres etapas: i) Pre-campo con 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) Etapa final de gabinete, donde 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.

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

1.1. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector de Marías 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 Marías 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 Sogoraga.
- 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.

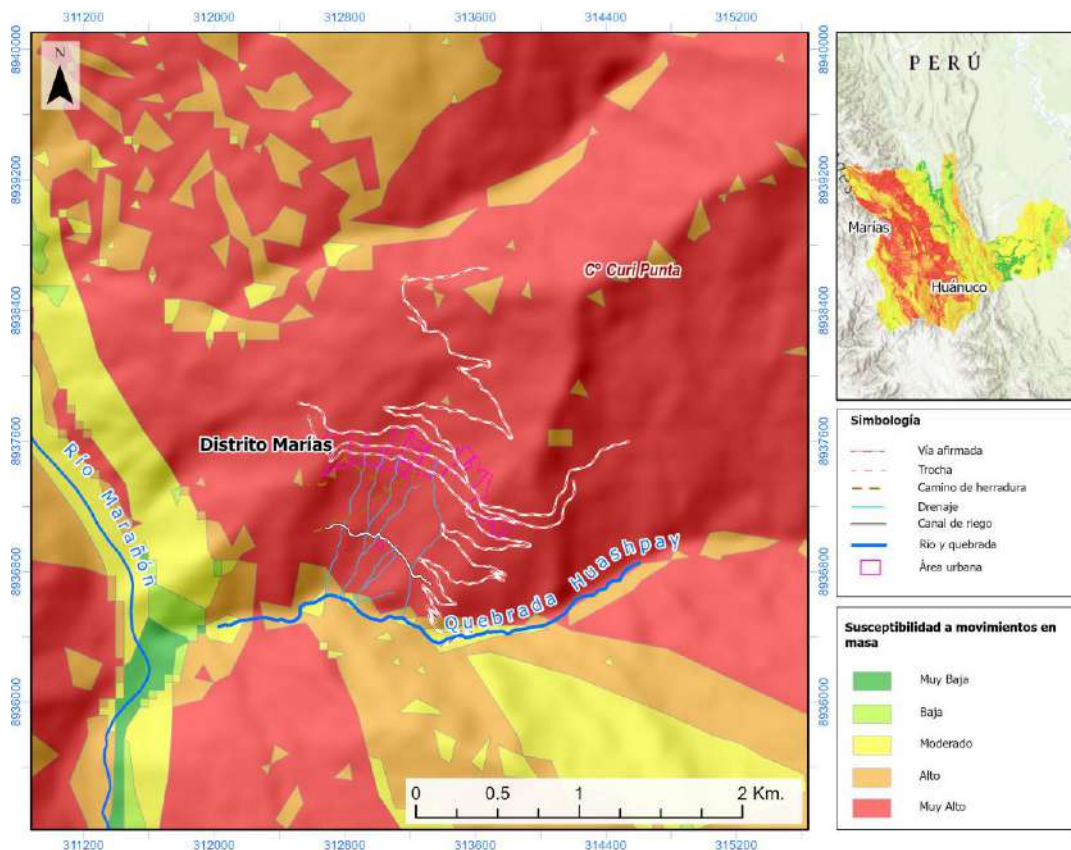


Figura 1. Los valores de susceptibilidad por movimientos en masa en el sector Marías se muestran muy altos. Tomados de Zavala & Vilchez (2006). Fuente: Elaboración propia.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El sector Marías pertenece políticamente al distrito de Marías, provincia Dos de Mayo del departamento de 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 Marías.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Longitud	Latitud
1	312314.00	8938688.00	-76.71022616	-9.596900398
2	314555.00	8938688.00	-76.68981195	-9.596900398
3	314555.00	8936471.00	-76.68981195	-9.617044157
4	312314.00	8936471.00	-76.71022616	-9.617044157
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA				
	313147.00	8937462.00	-75.79151°	-9.22364°

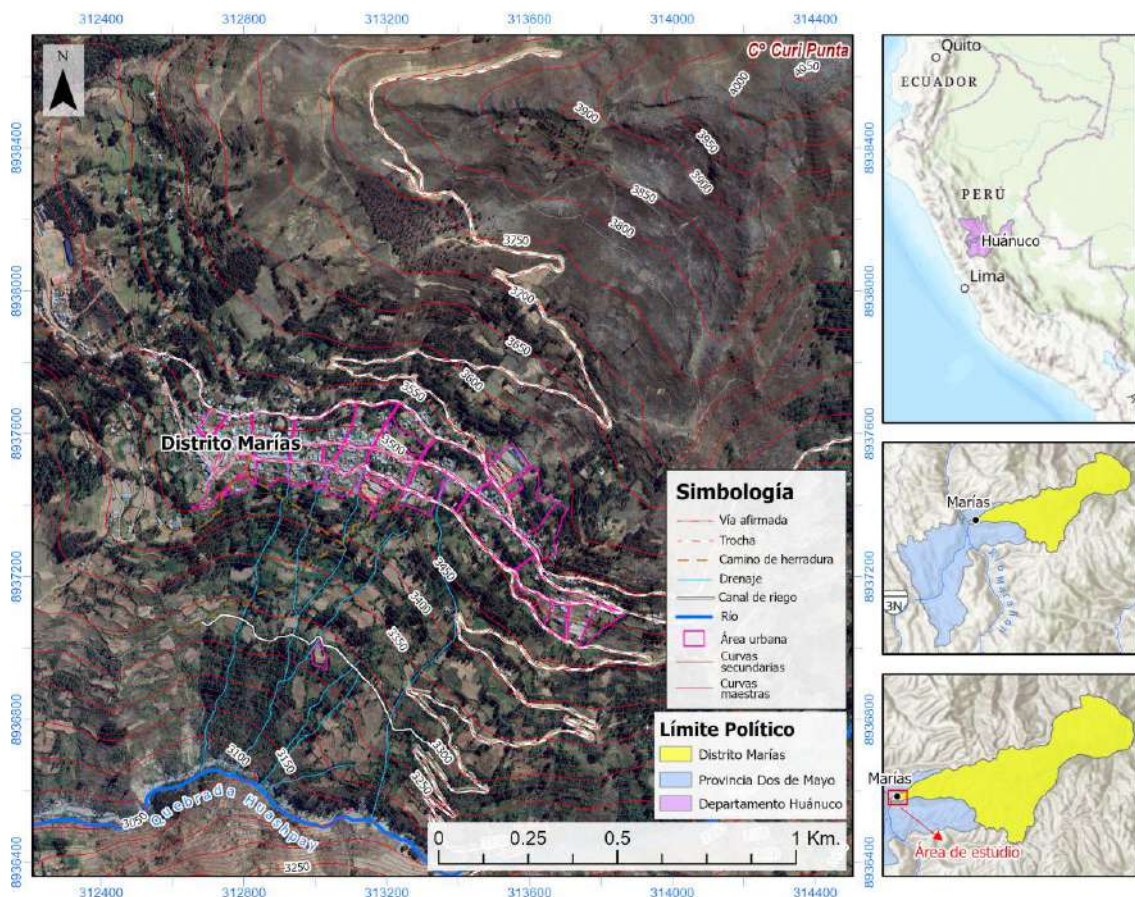


Figura 2. Ubicación del sector Marías resaltada sobre una imagen satelital mostrando su área urbana, agrícola y drenaje principal adyacente.

1.3.2. Población

Según el censo 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, la localidad de Marías se caracteriza por tener una población heterogénea donde cada familia tiene características que le hacen particular. La prevalencia de los distintos tipos de familia, sus características sociodemográficas variaron con el pasar del tiempo.

La población existente en dicha área de estudio son un total de 1,058 habitantes distribuidas en el siguiente cuadro.

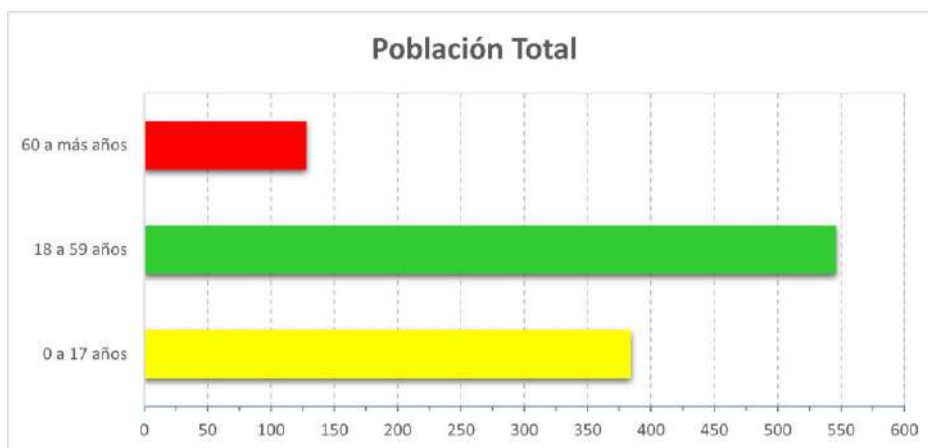


Figura 3. Distribución poblacional del sector Marías susceptible a movimientos en masa.

Tabla 2. Distribución poblacional del sector Marías.

Grupo etario	Personas
0 a 17 años	384
18 a 59 años	546
60 a más años	128
Total	1058

Asimismo, el distrito de Marías cuenta con instituciones educativas de nivel inicial (I.E. N°064), primaria (I.E. N°32230) y secundaria (I.E. Javier Pulgar Vidal) con número de alumnos y docentes al año 2023 que se detallan en el siguiente cuadro:

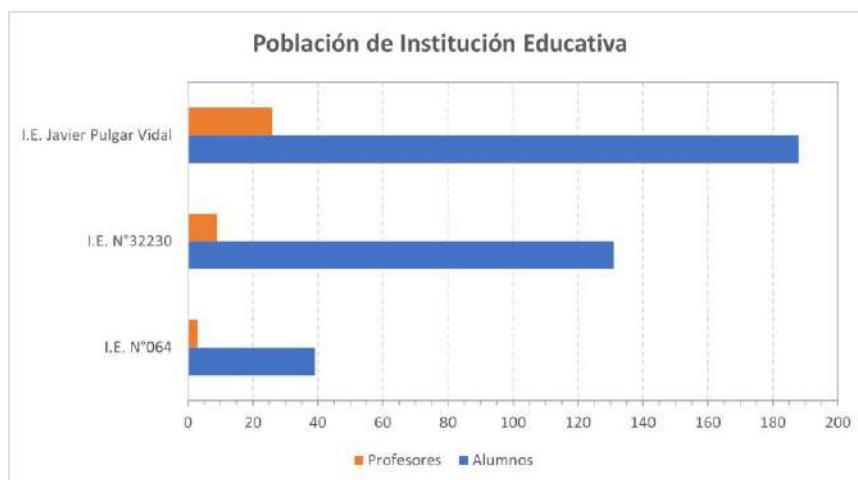


Figura 4. Distribución poblacional de instituciones educativas del distrito Marías, propensos movimientos en masa.

Tabla 3. Distribución poblacional del alumnado en instituciones educativas del distrito Marías.

Institución educativa	Alumnos	Profesores
I.E. N°064	39	3
I.E. N°32230	131	9
I.E. Javier Pulgar Vidal	188	26
Total	358	38

1.3.3. Accesibilidad

El acceso se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, mediante la siguiente ruta (**Tabla 4**):

Tabla 4. Ruta de acceso.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Distrito Marías	Asfaltada y vía afirmada	473	8 horas 48 min
Huánuco – Distrito Marías	Vía afirmada	120	3 horas 32 min

1.3.4. Clima

De manera general y de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el distrito de Marías 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.

Tabla 5. Tipo de climas en el distrito de Marías, 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)
C (o,i) B'	Semiseco con otoño e invierno secos. (Templado)

Respecto a las precipitaciones, se tiene datos recopilados y disponibles de la estación Jacas Grande ubicada en el distrito del mismo nombre, que es la más cercana al sector Marías, específicamente a 9.3 km en línea recta desde la zona de estudio. Según los 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 distrito de Marías. (**Figura 3**).

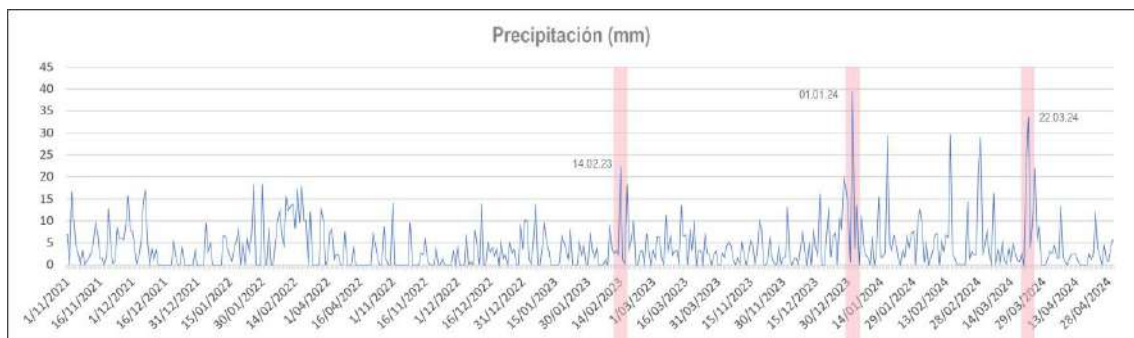


Figura 3. Precipitaciones diarias registrados en la estación Jacas Grande en el distrito homónimo, extraídas del SENAMHI. Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Por otro lado, utilizando los datos de precipitación diaria disponibles de la NASA, con 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**).

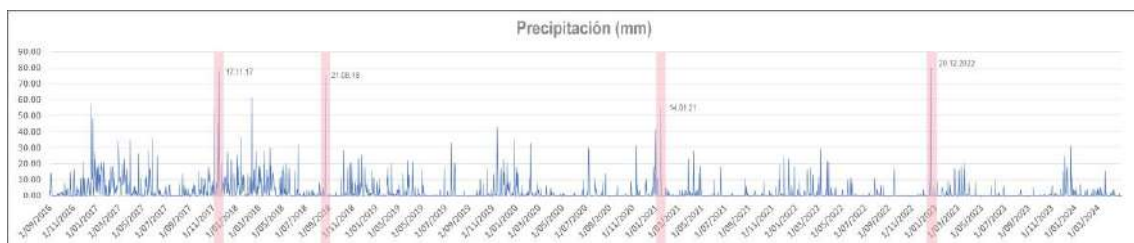


Figura 4. Precipitaciones diarias registradas por la NASA en el distrito Marías. Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

1.3.5. Sismos

Para estudios de movimientos en masa en el sector Marías 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 estructuras regionales de dirección NNO y NE, como es el caso del Sistema de Fallas Conchucos-Yanahuanca (SFCY), al Sistema de Fallas Ticsacayán (SFT) y el Sistema de Fallas Chavín-Contamana (SFCHC).

Las disparadas sísmicas podrían estar relacionadas a la ocurrencia de movimientos en masa, sobre todo en el sector Marías que se encuentra entre dos sistemas de fallas como se muestra en la figura 5. Estos movimientos causan inestabilidad en las laderas con material semiconsolidado y dispuestos en pendientes fuertes a abruptas (**Figura 5**).

Tabla 6. Sismos según su profundidad.

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

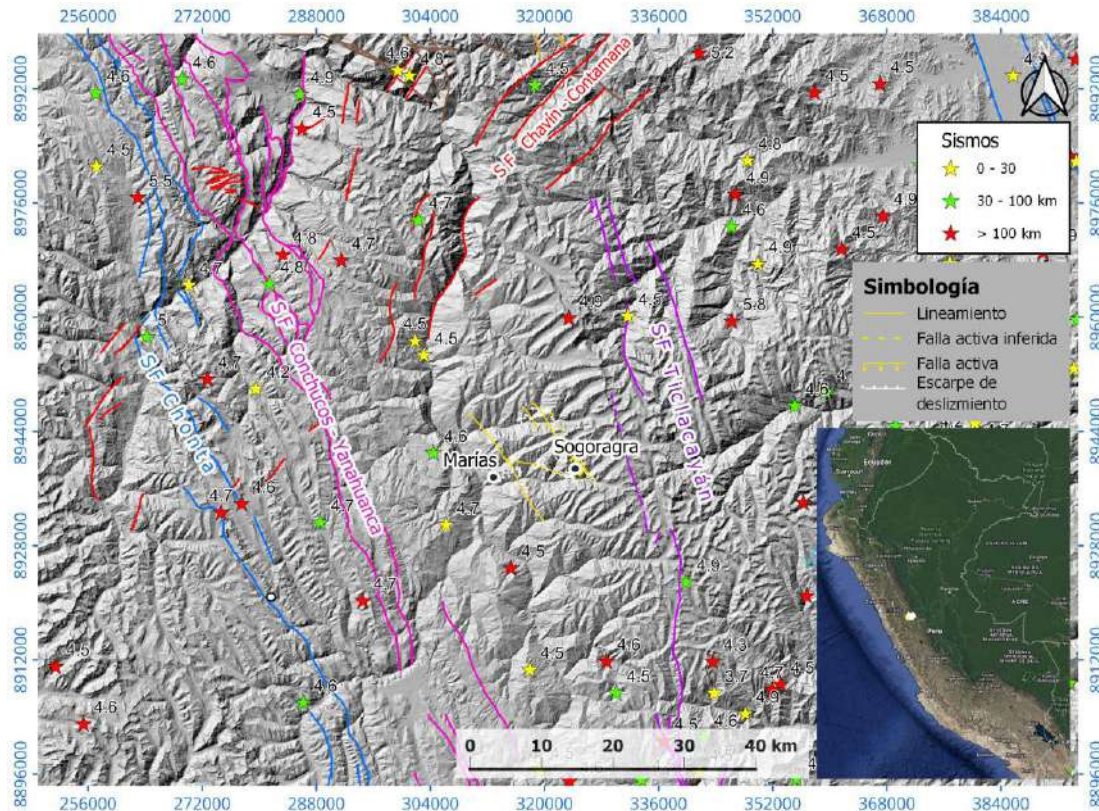


Figura 5. Sismos que podrían estar relacionados a los movimientos en masa en el sector Marías. Los datos fueron descargados de la plataforma del IGP (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>). Las líneas de colores corresponden a sistemas de fallas (SF) regionales extraídas de la Carta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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Reptación de suelos. Movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

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.

Zona crítica. Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel et al., 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad.

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 INGENMET.

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. Esta franja está ocupada por rocas metamórficas, las cuales han sufrido un intenso proceso de deformación a lo largo del tiempo, lo que pone en evidencia una intensa actividad tectónica pasada. Estas secuencias son atribuidas al Complejo Metamórfico del Maraón (CMM). Mientras que, el Grupo Mitu aflora de manera aislada y discontinua sobre el CMM. Ambas unidades, se encuentran tapizadas y cubiertas discordantemente por una capa de suelos residuales y depósitos coluvio-deluviales dispuestas en una ladera pronunciada, cuya descripción se detallan más adelante (**Figura 6**).

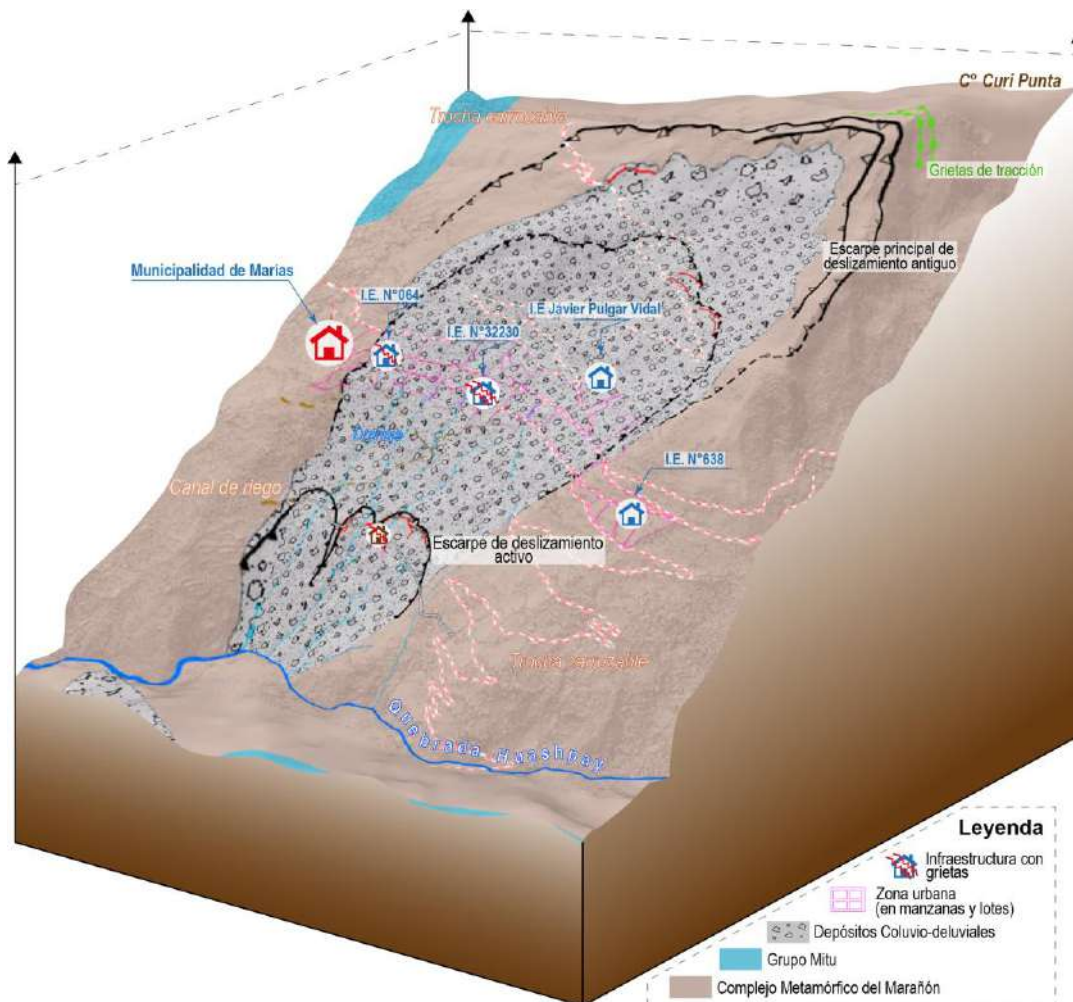


Figura 6. Bloque diagrama tridimensional esquemático que muestra la geología y sus unidades litoestratigráficas en el sector Marías.

3.1. 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.

3.1.1. Complejo Metamórfico del Maraón (Neoproterozoico)

Esta unidad aflora extensamente en el área evaluada. Sus principales afloramientos se observan en la ladera media ubicada al oeste del cerro Curi Punta, 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. Asimismo, las micas de muscovita forman pátinas y finas capas centimétricas bandeadas que hacen que se comporten como secuencias medianamente incompetentes.

En tanto, el macizo rocoso tiene características físicas de resistencia baja (al golpe del martillo) que oscilan entre los 25 a 50 Mpa, asimismo, se encuentra muy fracturado con más de cuatro familias de discontinuidades, con espaciamentos centimétricos que van de 1 a 10 cm, aberturas de 1 a 5 mm y rugosidad suave a rugosa, el cual, superficialmente se encuentran fuertemente meteorizadas. (**Figuras 7**).

Desde una perspectiva estructural, sus capas se hallan fuertemente deformadas con una esquistosidad en dirección N184°, lo que ocasionó un fuerte fracturamiento, que se alinean de manera semiparalela a la dirección de la ladera suroeste del cerro Curi Punta, asimismo, estas capas se inclinan con buzamientos en promedio 60° moderadamente en favor de la pendiente. (**Figura 7**).



Figura 7. Afloramiento de esquistos micáceos del Complejo Metamórfico del Maraón al oeste del cerro Curi Punta (UTM WGS-84. E319674, N8938618). Vista panorámica mirando al sureste.



Figura 8. Detalle de los esquistos micáceos con foliación (S_1) bien definida y fuertemente meteorizadas, atribuidas al Complejo Metamórfico del Marañón.



Figura 9. Rocas metamórficas al oeste del cerro Curi Punta, donde se observa capas ligeramente en favor de la pendiente. Vista panorámica mirando al este.

3.1.2. Depósitos Cuaternarios

3.1.2.1. Depósitos coluvio-deluviales (Q-cd)

Estos depósitos se alojan en la parte media a baja de la ladera del cerro Curi Punta. Se trata de secuencias inconsolidadas, con fragmentos heterométricos y monométricos de esquistos y filitas, dispuestos en una matriz limo-arenosa pobremente graduada. Sus

fragmentos tienen formas subangulosas a subredondeadas que van de 2 a 18 cm de diámetro, aunque esporádicamente se hallan bloques que superan los 2 m de diámetro.

Por sus características físicas y geomecánicas, estas secuencias forman suelos inconsolidados con baja cohesión y poco competentes, ofreciendo baja resistencia a la erosión, dispuestas en una ladera con pendiente fuerte. Esto implica terrenos inestables que las convierte altamente susceptibles a la remoción de masas y procesos gravitacionales, así como deslizamientos y derrumbes.



Figura 10. Depósitos coluvio-deluviales ubicados en la ladera baja del cerro Curi Punta. Vista mirando al norte.



Figura 11. Detalle de los fragmentos heterométricos que conforman los depósitos coluvio-deluviales.

Por otro lado, en un corte de carretera se aprecia depósitos inconsolidados, compuestos por material no cohesivo o poco cohesivo, que forman suelos poco compactos, con baja resistencia al corte. Estos depósitos conforman zonas poco competentes, fácilmente erosionados y transportados por el agua de escorrentía.



Figura 12. Depósito coluvio-deluvial dispuesto en la ladera suroeste del cerro Curi Punta, localizado en la trocha que desciende hacia la quebrada Huaspay. Vista mirando al norte.

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° 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 proveniente del levantamiento de dron. Los procesos de movimientos en masa (deslizamientos) originados en el sector Marías oscilan entre las pendientes moderadas 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 13**).

De acuerdo al mapa de pendientes, el distrito de Marías se encuentra asentada en una pendiente que oscila entre 5°-15° y 15°-25°, y su expansión urbana tiene una forma rectangular alargada. Sus viviendas se disponen a manera escalonada por la morfología del terreno (**Figura 13**).

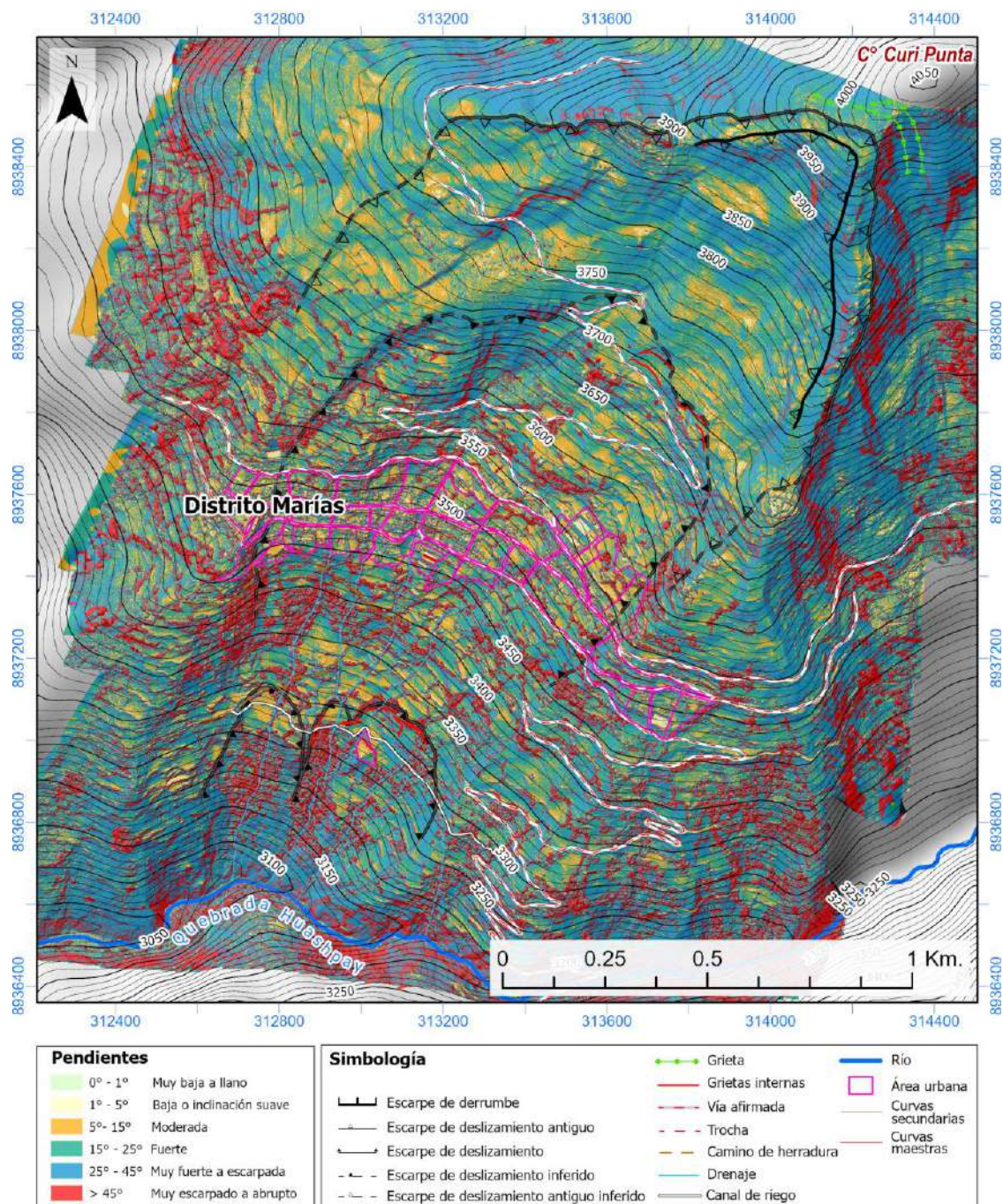


Figura 13. Mapa de pendientes de la zona evaluada del sector Marías a partir de un DEM de alta resolución proveniente del levantamiento fotogramétrico con dron.



Figura 14. Pendiente promedio de 25°-45° en la parte media a alta de la ladera suroeste del cerro Curi Punta. Nótese, la expansión urbana de manera escalonada con tendencia ascendente. Vista panorámica mirando al noreste.

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.

Producto de ello, se observa que las aguas de escorrentía superficial que drenan sobre el distrito de Marías provienen principalmente de la zona de depresión que dejó el deslizamiento antiguo, situado en la parte lateral izquierda. Sus aguas se encausan en torrenteras, surcos y riachuelos que se intensifican en épocas de precipitación, el cual, atraviesan de manera transversal el área urbana para expandirse sobre depósitos inconsolidados del deslizamiento antiguo.

Estos altos índices de humedad se manifiestan a manera de riachuelos que podrían incrementarse aún más en épocas con precipitaciones pluviales intensas y prolongadas causando la inestabilidad de la ladera y la aceleración y reactivación de los procesos de movimientos en masa identificados en el sector Marías (**Figura 15**).

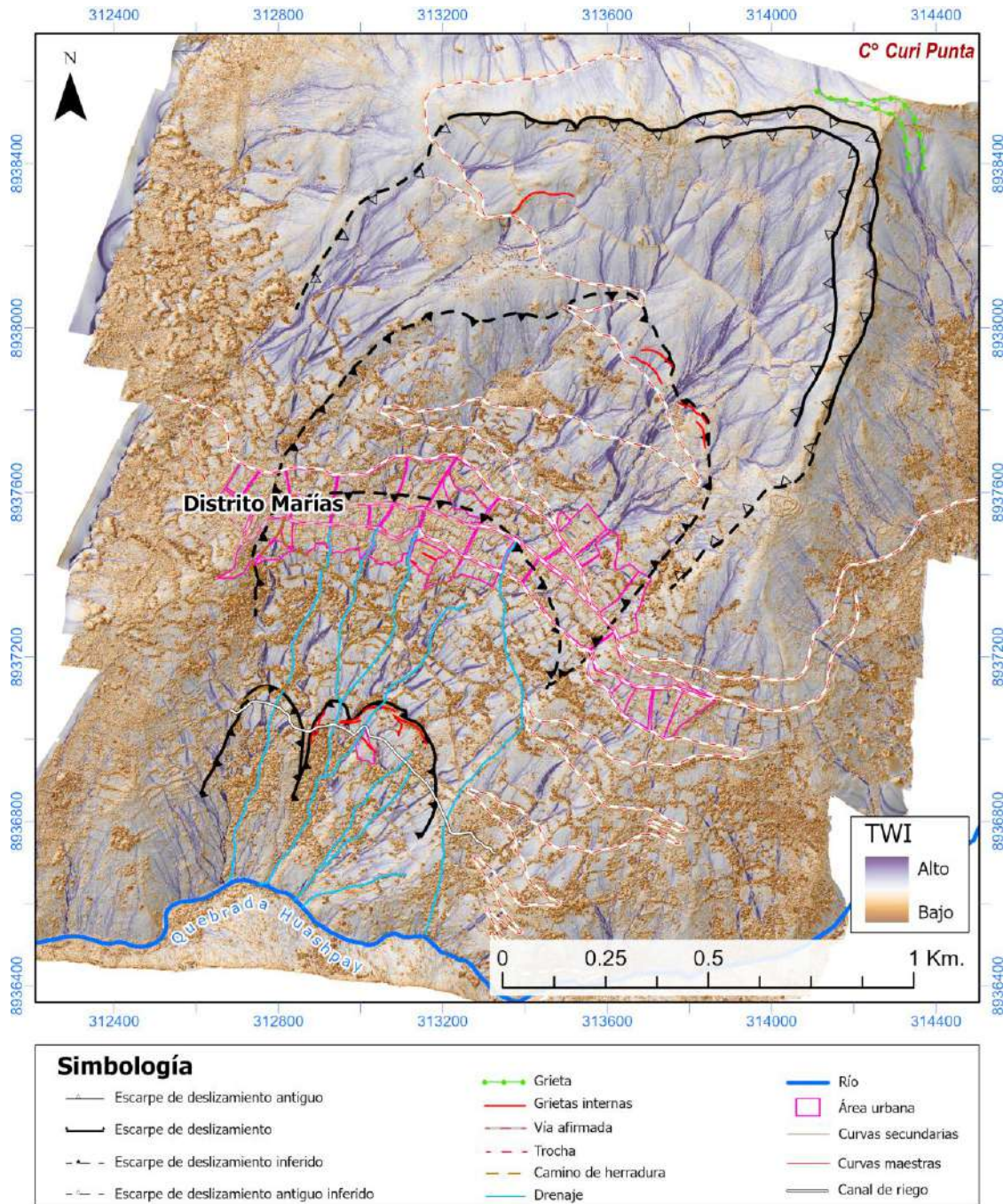


Figura 15. Mapa de Índice Topográfico de Humedad (TWI en sus cifras en inglés) en el sector Marías. Nótese, las aguas de escorrentía superficial que drenan directamente sobre la zona urbana del distrito de Marías.

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)

Relieve labrado en rocas metamórficas del Complejo I Marañón, que se extiende de manera significativa y ampliamente en el sector Marías. Su ladera suroeste presenta una morfología algo escalonada, resultado de procesos geológicos antiguos.

Su cima, el cerro Curi Punta tiene un desnivel casi de 1100 m desde el pie del talud, es decir, su base la quebrada Huashpay. Su origen se debe principalmente a fases de exhumación que involucró procesos tectónicos y erosivos que dieron lugar a una topografía accidentada. Su ladera suroeste aloja depósitos coluvio-deluviales dispuestas en pendientes fuertes a muy fuertes que en la actualidad representan zonas inestables y sujetas a procesos de movimientos en masa.

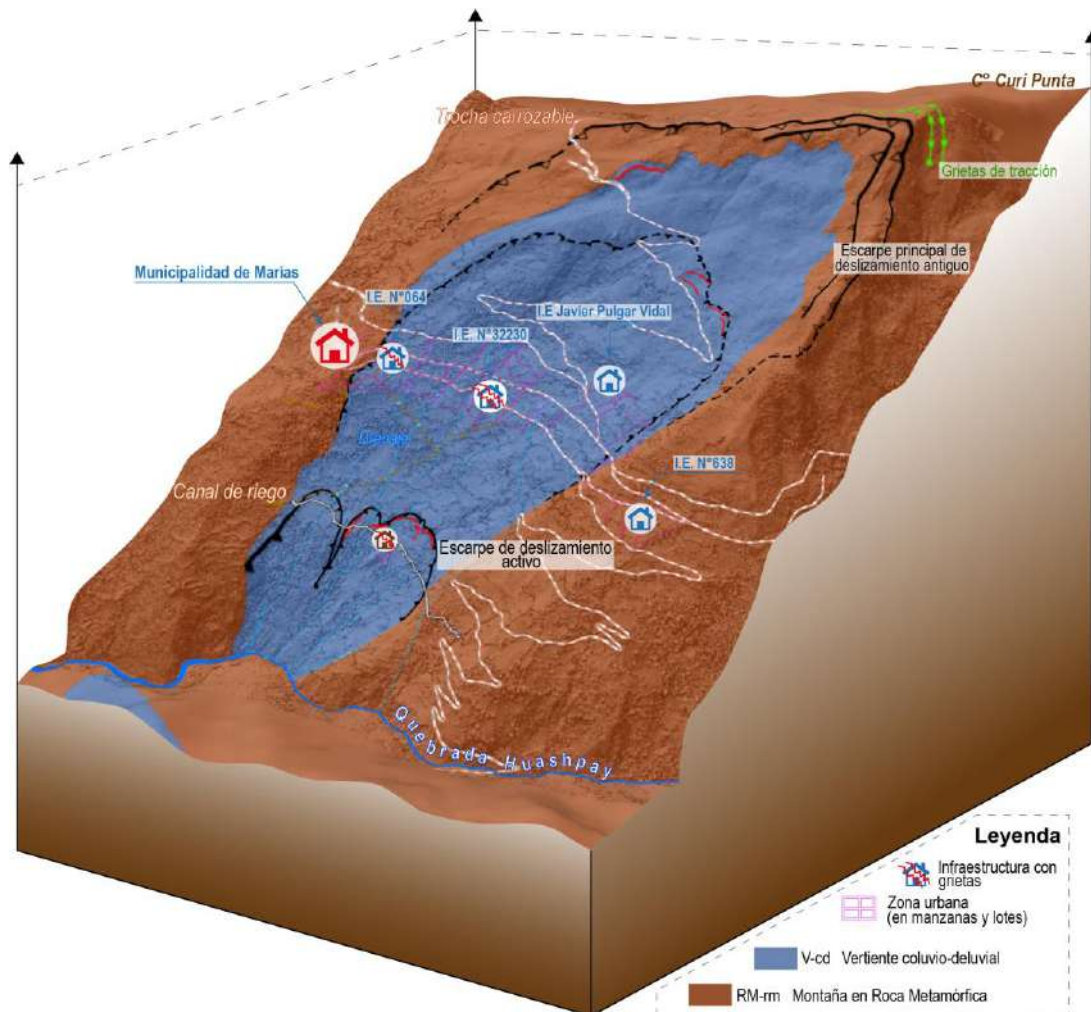


Figura 16. Bloque diagrama tridimensional que muestra las unidades geomorfológicas en el sector Marías.



Figura 17. Detalle del relieve montañoso labrada en roca metamórfica en la parte superior del cerro Curi Punta. Vista panorámica mirando al noreste.

4.3.2. 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 Marías. Estos depósitos han sido originados por la acumulación de materiales removidos originados 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.



Figura 18. Vertiente coluvio-deluvial dispuesto en la ladera media-alta del cerro Curi Punta en el sector Marías. Vista mirando al noreste.



Figura 18.5 Detalle de Vertiente coluvio-deluvial, conformado por depósitos de antiguos deslizamientos en el sector Marías. Vista mirando al noreste.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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

En el presente informe, se describen los principales peligros geológicos detalladas en el sector Marías.

5.1. Movimientos en masa en el sector Marías

La caracterización de los movimientos en masa en esta área, se realizó en base al análisis a detalle de los rasgos geológicos, geomorfológicos y geodinámica. En los trabajos de campo y de gabinete se identificaron y cartografiaron diferentes tipos de movimientos en masa, basado principalmente en la observación y caracterización morfométrica in situ.

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. Así también, de la imagen ortomosaico de 2.26 cm/píxel de resolución que se obtuvo a partir del levantamiento fotogramétrico con dron realizada durante los trabajos de campo.

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 19**).

En la figura 19, se resalta los rasgos morfométricos, morfológicos y geológicos que un DEM convencional no proporciona. En este análisis, se ha podido reconstruir la dinámica de los deslizamientos tanto antiguos como activos, los cuales representan un peligro latente para los pobladores del distrito de Marías.

De acuerdo a la imagen ráster RRIM, el primer evento geodinámico, es decir, el primer deslizamiento (denominado deslizamiento antiguo) ocurrido en el pasado, afectó gran parte la ladera oeste del cerro Curi Punta, su escarpe principal (líneas verdes) con forma irregular recorre de manera cóncava el cerro Curi Punta. En el depósito del deslizamiento, se asentó gran parte de la población del distrito Marías (**Figura 19A**).

El evento denominado deslizamiento inactivo-latente, tiene rasgos morfológicos que resaltan al relieve, como grietas irregulares y discontinuas (líneas de color amarillo) y ponen en evidencia una zona de depresión y hundida que compromete una parte de la zona urbana del distrito de Marías (**Figura 19 A y B**). Esta zona hundida se refleja en los perfiles topográficos transversales (**Figura 19D**).

El evento más reciente, se localiza en la parte más distal del depósito del antiguo deslizamiento, se trata de un deslizamiento 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 de la ladera oeste del cerro Curi Punta y la integridad de gran parte de la población de Marías e instituciones educativas, así también, su infraestructura local. (**Figura 19A y 20**).

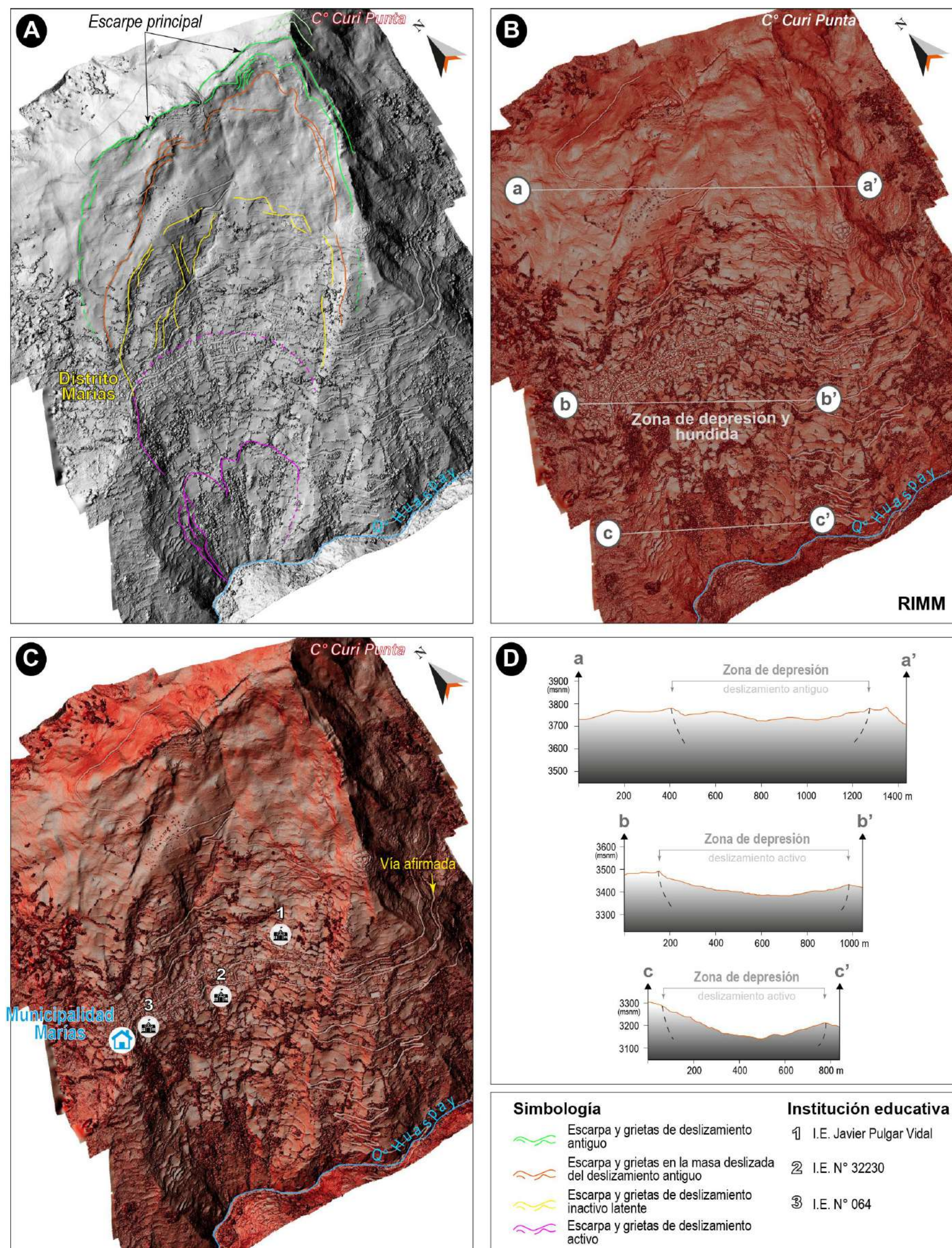


Figura 19. Imagen de relieve rojo donde se caracteriza e interpreta los procesos de movimientos en masa en el sector Marías. A) Ráster hillshade a partir de un DEM. B) Pendiente en escala de colores rojos. C) RRIM donde muestra los principales rasgos morfológicos del terreno. D) Perfiles topográficos que ponen en evidencia una zona de depresión, el cual se interpreta como deslizamientos reactivados de un depósito del deslizamiento antiguo.

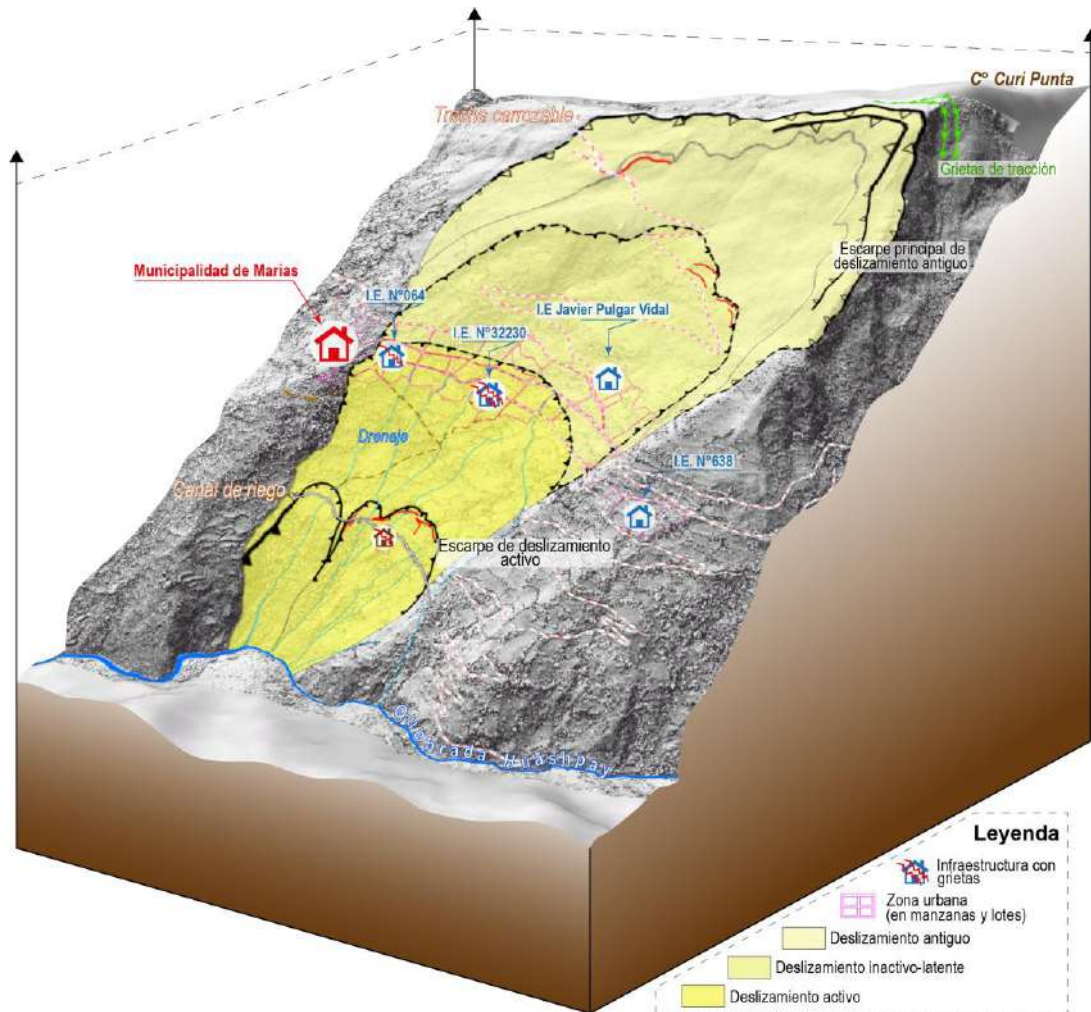


Figura 20. Bloque diagrama tridimensional que muestra la cartografía de peligros geológicos en el sector Marías. Así como, las instituciones educativas involucradas.

5.1.1. Deslizamiento antiguo

En la ladera del cerro Curi Punta se instaló un mega deslizamiento que involucró gran volumen de rocas esquistosas del Complejo Metamórficas del Maraón, que previamente fueron afectados por la actividad tectónica y geodinámica externa que dio lugar a la formación de un sistema de diaclasas y fuerte meteorización de sus estratos y/o capas (**Figuras 19**).

La geometría y los rasgos morfológicos del deslizamiento, sugieren un mecanismo de movimiento predominantemente del tipo rotacional con flancos abiertos, lo que indica una influencia directa con la estructura geológica y las condiciones geomecánicas de un basamento o substrato rocoso previamente triturado y deformado. Este proceso removilizó material residual, desplazándolo ladera abajo hasta depositarse en la zona media e inferior de la ladera sur oeste del cerro Curi Punta. En el depósito de este deslizamiento antiguo, con morfología irregular y agreste con terrenos de pendientes fuertes a muy fuertes se asentó gran parte de la población Marías, lo que le convierte en una zona altamente susceptible a movimientos en masa (**Figura 20**).

El deslizamiento antiguo presenta una corona de forma irregular, con longitud de ~2.2 m. En el que, el escarpe principal y secundarios configuran una zona con una morfología de estructura tipo escalonada y basculada convergencia al suroeste. La traza de su

eskarpe principal exhibe forma geométrica cóncava a triangular con una morfología irregular con aspecto rugoso que se distinguen en la cresta del cerro Curi Punta. Su eskarpe principal tiene una longitud de ~1.8 km y dejó una superficie subvertical con un desnivel de ~8 m con respecto a la vertical (**Figuras 21 y 22**).

Este deslizamiento involucró material residual y rocas previamente trituradas por la actividad tectónica pasada. El deslizamiento ocupa un área total de 189 ha en medio de la ladera suroeste del cerro Curi Punta, tiene un ancho máximo de 1.2 km en la zona de eskarpe. La masa deslizada presenta una morfología algo ondulada con pequeños escarpes que evidencian haber sido afectadas por movimientos en reptación, que, a la fecha, aparentemente se encuentran estables, no obstante, no se descarta su reanudación en épocas de precipitaciones persistentes (**Figura 21**).

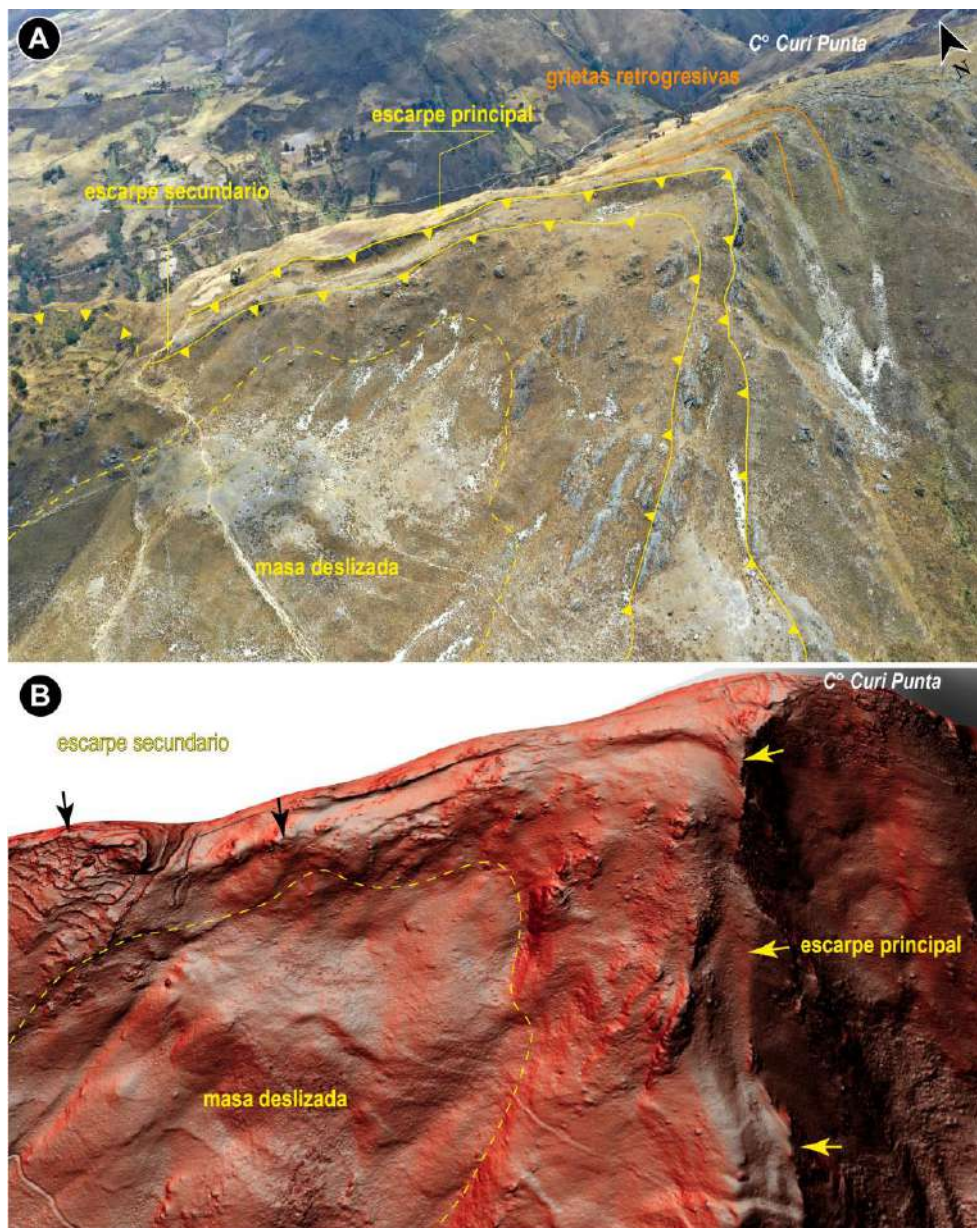


Figura 21. Eskarpe principal y secundario del deslizamiento antiguo. A) Imagen tomada con dron. B) Imagen ráster RRIM, donde resalta los rasgos morfológicos del antiguo deslizamiento. Nótese los escarpes con estructura escalonada y basculada en la cresta del cerro Cori Punta. Vista mirando al noreste.

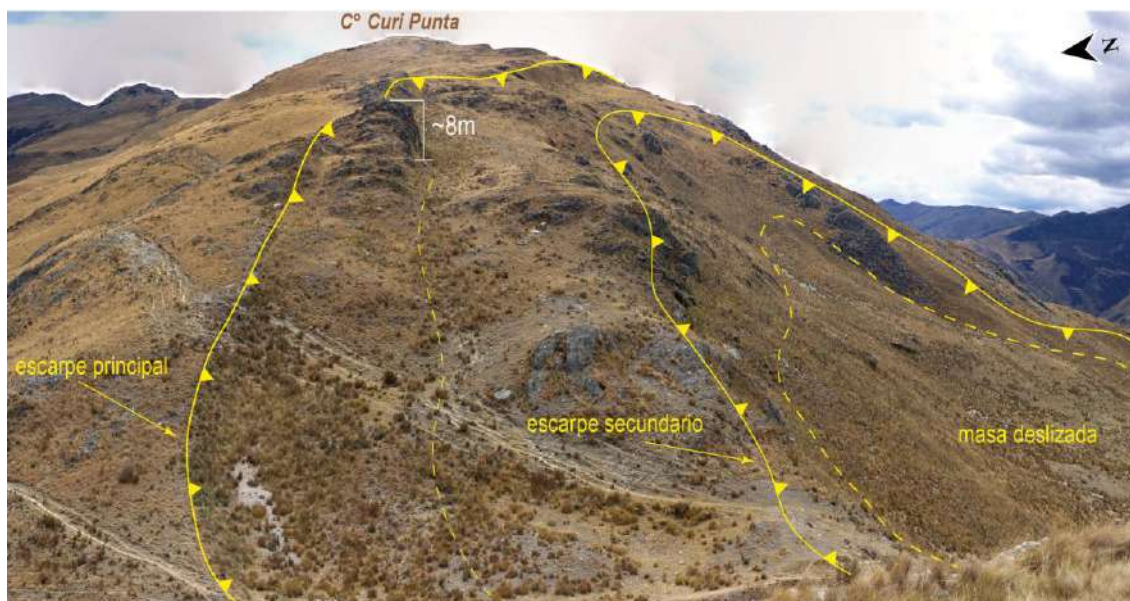


Figura 22. Imagen de perfil, en donde se muestra el escarpe principal y secundario del deslizamiento antiguo, localizada en la parte superior de la ladera suroeste del cerro Curi Punta. Vista mirando al noreste.

5.1.2. Deslizamiento inactivo latente

Se localiza en la parte media de la ladera del cerro Cori Punta. En la imagen RRIM, este deslizamiento forma parte de la zona de depresión y hundida situada en la cabecera de la estructura en subsidencia.

Según los rasgos geomorfológicos y su posición intermedia en la ladera, configuran aparentemente procesos de reactivación que involucró material coluvio-deluvial heredado de un antiguo deslizamiento.

El deslizamiento identificado presenta un escarpe principal que inicia en la cota 3730 m s.n.m., con una morfología semicircular, ligeramente irregular, en el que, se extiende de manera continua a lo largo de ~2.6 km de longitud. La geometría del deslizamiento refleja la inestabilidad del terreno que expone una fase de ruptura más o menos marcada y desarrollada en la parte media superior de la ladera del cerro Curi Punta (**Figuras 19 y 20**).

La zona de escarpe se caracteriza por presentar pequeños escarpes secundarios que muestran una morfología escalonada y con longitudes variables de menor recorrido que van de 68 a 102 m (**Figura 23A**). Estos escarpes se hallan en la margen izquierda de la corona del deslizamiento inactivo latente y logran tener desniveles que van de 1 a 2 m, que, en algunos sectores provocaron colapso y desprendimiento de pequeños bloques de rocas (**Figura 23C**).

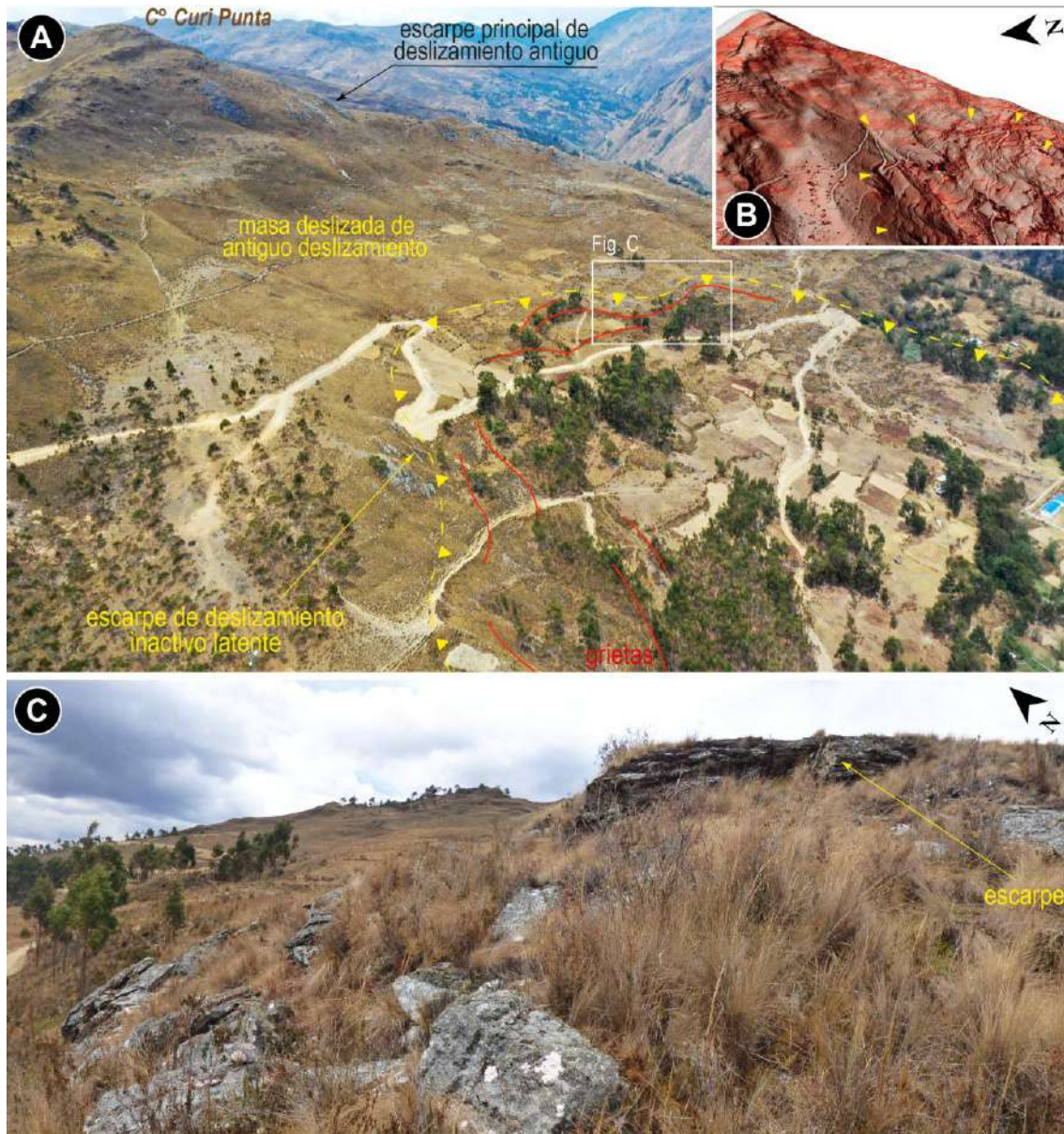


Figura 23. A) Eskarpe del deslizamiento inactivo latente, situado en la parte media de la ladera suroeste del cerro Curi Punta. B) Imagen ráster RRIM donde resalta los rasgos morfométricos del eskarpe y la zona de deformación del deslizamiento inactivo latente. C) Detalle del eskarpe secundario relacionado a desprendimiento de rocas.

5.1.3. Deslizamiento activo

En la parte media de la ladera del cerro Curi Punta se instala un deslizamiento que por las características morfológicas del terreno y las grietas situadas en su eskarpe principal se trataría de un movimiento en estado activo (**Figura 19**).

En el cuerpo del deslizamiento, se han identificado grietas internas que ponen en evidencia el movimiento y desplazamiento progresivo del terreno ladera abajo. Una de las más representativas se localiza en la plataforma principal de la I.E. N°32230; se trata de una grieta que atraviesa transversalmente la loza deportiva de pavimento de la institución educativa, esta misma, presenta una morfología variable, desde rectilínea a sinuosa que logra tener una longitud de ~30 m y una abertura que oscila entre de 1 a 2 cm. Además, se observa un ligero asentamiento en dirección de la pendiente, lo que

indica una deformación intermitente del terreno confinada a un posible proceso de inestabilidad (**Figura 24**).

Por otro lado, a pocos metros de la grieta descrita anteriormente, se identifica otra evidencia de asentamiento del terreno en una de las aulas de la I.E. N°32230. En este sector, se observa un ligero hundimiento de hasta 2 cm en la loza del aula, lo que ha generado una separación visible entre la loza y el piso circundante (**Figura 25**). En conjunto, esta deformación sugiere una clara inestabilidad del terreno, lo que compromete negativamente las condiciones estructurales del talud y de la ladera subyacente, localizado principalmente en la parte media superior del deslizamiento activo (**Figuras 19 y 20**).



Figura 24. Grieta interna en el cuerpo del deslizamiento activo, situado en la I.E. N°32230 del distrito de Marías (E:313162, N:8937447).



Figura 25. Evidencia de asentamiento de terreno (flechas de color amarillo). Se observa una separación de hasta 2 cm de la losa con el piso (E:313133, N8937432).

Asimismo, otro claro indicio que pone en manifiesto el deslizamiento activo es la aparición de grietas y fisuras en las fachadas y paredes de las viviendas que se ubican en la parte media superior del deslizamiento. Se observan rajaduras dispuestas verticalmente que comprometen la estructura frontal de una de las viviendas, lo que podría acentuarse ante la ocurrencia de eventos detonantes como precipitaciones intensas.



Figura 26. Evidencia de movimiento de terreno con las fisuras y rajaduras (flechas de color amarillo) de alguna de las viviendas situadas en la parte media superior del deslizamiento activo (E:313275, N8937466).

En tanto, en la imagen ráster RRIM se distinguen estructuras longitudinales a la dirección del movimiento del deslizamiento, estos rasgos en el terreno son de tipo grietas y escarpes que se alinean de forma semiparalela con el escarpe principal del deslizamiento activo (**Figuras 19 y 20**). En esta franja se incrementan las viviendas con fisuras y rajaduras en sus respectivas estructuras. Un claro ejemplo de ello, se observa a ~110 m de la plaza de armas del distrito de Marías, ahí se ha identificado una vivienda con rajaduras en la pared y grietas en el terreno que miden 4 m de longitud y con aberturas de hasta 3 cm (**Figura 27**).

Otro ejemplo que evidencia el movimiento del terreno se observa en el muro y en la plataforma principal de la I.E. N°064. En el muro se observa un ligero desplazamiento de la pared en dirección de la pendiente, mientras que, en la plataforma se observa grietas y fisuras de 5 a 6 m de longitud que atraviesan transversalmente el patio principal de la institución educativa (**Figura 31**).



Figura 27. Grieta visible que se extiende hasta 4 m de longitud, el cual atraviesa una vivienda situada en el flanco derecho del deslizamiento activo, cerca de la plaza de armas de Marías (E: 312784, N: 8937435).

Asimismo, en la parte más distal del deslizamiento activo, se evidencia zonas de deformación del terreno en la parte baja de la ladera del cerro Curi Punta. Este deslizamiento podría interpretarse como posibles reactivaciones más distales en el depósito del deslizamiento antiguo. Se trata de un evento reciente que tiene un escarpe semicircular con geometría cóncava que recorre 830 m de longitud (**Figura 23**).

El movimiento se origina en la cota 3330 m s.n.m que dejó una serie de escarpes múltiples con desnivel de terreno que van de 12 a 4 m en la vertical. Su escarpe principal tiene una morfología semicircular cóncava de 2.6 km de longitud (**Figura 28**).

Metros más abajo, se evidencia el estado activo del evento, en donde se observa una grieta en el cuerpo del deslizamiento que atravesó transversalmente una vivienda. Esta grieta posee una longitud de ~55 m. Tiene una abertura de ~10 cm y una profundidad visible de aproximadamente 80 cm, lo que revela la magnitud del deslizamiento y la manera violenta en la que aparentemente se desprende y separa del suelo incompetente (**Figura 29**).



Figura 28. Escarpes múltiples que dejan desnivel de terreno de 12 a 4 m en la vertical (E: 313099; N: 8937045).



Figura 29. Grieta en el cuerpo del deslizamiento activo, situado en la parte baja de la ladera. Esta grieta atravesó transversalmente una vivienda (E: 313010; N: 8937000).

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.

5.1.3.1. 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 7. 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 baja de la ladera de montañas labrada y esculpida en roca metamórfica. - El relieve con morfología accidentada presenta pendientes que van de fuerte a muy fuerte.

5.1.3.2. Factores desencadenantes

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

Tabla 8. Factores desencadenantes de los 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 activo e inactivo latente. Asimismo, surcan depósitos coluvio-deluviales y sobresaturan el suelo.
Sismos	La ocurrencia de sismos superficiales podría estar relacionados con la inestabilidad de laderas dispuestas en pendientes abruptas.
Antrópicos	- Cortes de carretera y ensanchamiento de las trochas en la zona de escarpe del deslizamiento. - Construcciones de viviendas e infraestructura con material noble que posiblemente agregaron carga a la zona de escarpe y hundimiento del deslizamiento.

5.2. Daños ocasionados por los deslizamientos

Como parte de daños a la infraestructura y a las viviendas ocasionados por los deslizamientos se muestran en las siguientes figuras:



Figura 29. Columna de una de las aulas de la I.E. N°32230 se encuentra dañada con fisuras y grietas de manera vertical y con aberturas de 1 a 2 cm.



Figura 30. Vivienda afectada por una grieta interna localizada en el cuerpo del deslizamiento activo. Se trata de una fisura de 10 a 15 cm de abertura en la pared lateral.



Figura 31. Grietas en la plataforma de la I.E. N°064 del distrito de Marías, que ponen en evidencia la deformación del terreno en el cuerpo del deslizamiento activo.



Figura 32. Viviendas afectadas por fisuras localizadas en la zona urbana del distrito de Marías, lo que, en evidencia el desarrollo del deslizamiento en estado activo (E:312760, N:8937535).



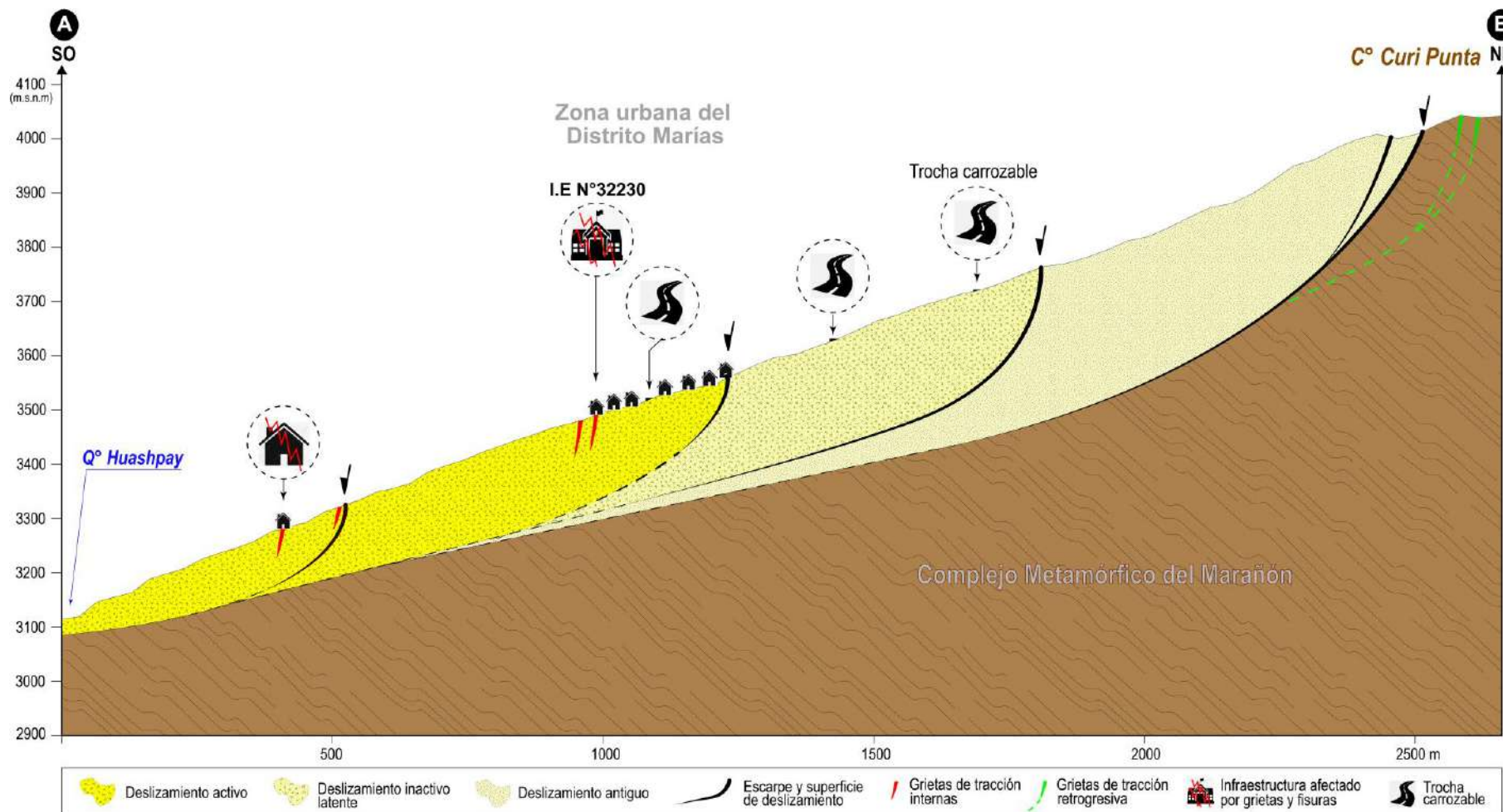
Figura 33. Fisuras y rajaduras en las viviendas situadas en el flanco derecho del deslizamiento activo, estas estructuras se alinean de forma semiparalela al escarpe principal del deslizamiento (E: 312789, N: 8937573).

5.3. Análisis de la sección longitudinal de los deslizamientos

La sección A-B revela una accidentada topografía con un relieve algo escalonado que evidencia una intensa actividad geodinámica en la zona de estudio. Además, el terreno expone pendientes que varían de fuertes a muy fuertes, lo que favorece la inestabilidad de ladera del cerro Curi Punta (**Figura 33**).

El primer evento registrado corresponde a un deslizamiento que involucró material residual y un material previamente triturado que fueron aprovechados por movimientos gravitacionales. Este deslizamiento antiguo nace en la cresta del cerro Curi Punta y removió material cerca de 2500 metros hasta depositarlo en la quebrada Huashpay. En la cresta se tiene grietas de tracción que evidencian un avance retrogresivo del deslizamiento antiguo (**Figuras 19 y 33**).

Los eventos posteriores se manifiestan a través de deslizamientos que afectaron el depósito heredado del deslizamiento antiguo. El deslizamiento activo, representa un peligro significativo debido a que en el cuerpo del mismo se encuentra asentada la población de distrito de Marías, las grietas internas evidencian movimiento lento pero continuo el cual afecta gran parte de las viviendas y su infraestructura local (**Figuras 19 y 33**).



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 Marías, el basamento rocoso está constituido por secuencias de rocas metamórficas del Complejo Metamórfico del 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 cuatro familias de discontinuidades y superficialmente se hallan fuertemente meteorizadas.
- 2) Los depósitos coluvio-deluviales descansan discordantemente al Complejo Metamórfico del Maraón. Estas secuencias están conformadas por acumulaciones inconsolidadas de fragmentos heterométricos envueltos en una matriz limo arenosa y arcillosa, provenientes de antiguos depósitos y suelos residuales, caracterizados por sus características geomecánicas poco cohesivas que ofrecen baja resistencia a la erosión, lo que favorecieron la generación de procesos de remoción en masa.
- 3) Geomorfológicamente, los procesos por movimientos en masa se desarrollaron sobre una morfología montañosa esculpida en roca metamórfica, caracterizada por un relieve accidentado, con pendientes pronunciadas que varían de entre 15° a 45°. Las geoformas de vertientes coluvio-deluviales se emplazan sobre laderas medias a bajas al oeste del cerro Curi Punta, el cual, conforman zonas con terrenos de 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) Las características del relieve irregular y accidentada de la ladera suroeste del cerro Curi Punta, evidencian una intensa actividad geodinámica desarrollada en el pasado y presente. Según las imágenes generadas a partir de un ráster RRIM, se muestran rasgos morfológicos y morfométricos de un escarpe en estructura escalonada y basculada confinada a un deslizamiento antiguo que afectó gran parte de la ladera, en donde su depósito se encuentra ocupada por el asentamiento del distrito de Marías. En la actualidad, en este sector se han evidenciado una zona de depresión y subsidencia en el que presenta procesos de movimientos en masa denominados deslizamiento activo y deslizamiento inactivo latente, el cual reflejan una clara inestabilidad del terreno que pone en peligro a los pobladores del distrito Marías y a las instituciones educativas, así como, la I.E N°064, I.E N°32230 y la I.E. Javier Pulgar Vidal.
- 5) De acuerdo a las características y rasgos geológicos, geomorfológicos y geodinámicas, se considera al sector Marías como **Zona Crítica** y de **Peligro Alto** frente a la ocurrencia de deslizamientos.

7. RECOMENDACIONES

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

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) 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 de Marías.
- 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 Marías, 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

- a) Construir canales de drenaje/coronación con una sección de material impermeable (como geomembranas o arcillas), a fin de evitar filtraciones, además de continuos trabajos de mantenimiento de estos.
- b) Implementar un sistema de drenaje a fin de disminuir la saturación del terreno en el cuerpo de los deslizamientos y alrededores.
- c) Prohibir la construcción de viviendas u otra infraestructura en áreas de ocurrencia de deslizamientos activos e inactivos latentes ubicados en el sector Marías.
- d) Evaluar el reasentamiento de viviendas ubicadas en las zonas de agrietamiento de los deslizamientos, 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 incompetentes, principalmente en la parte media superior de la ladera suroeste del cerro Curi Punta.
- g) Construir zanjas de coronación en la cabecera del escarpe del deslizamiento inactivo latente para derivar las aguas de escorrentía superficial a otro cauce.

8. BIBLIOGRAFÍA

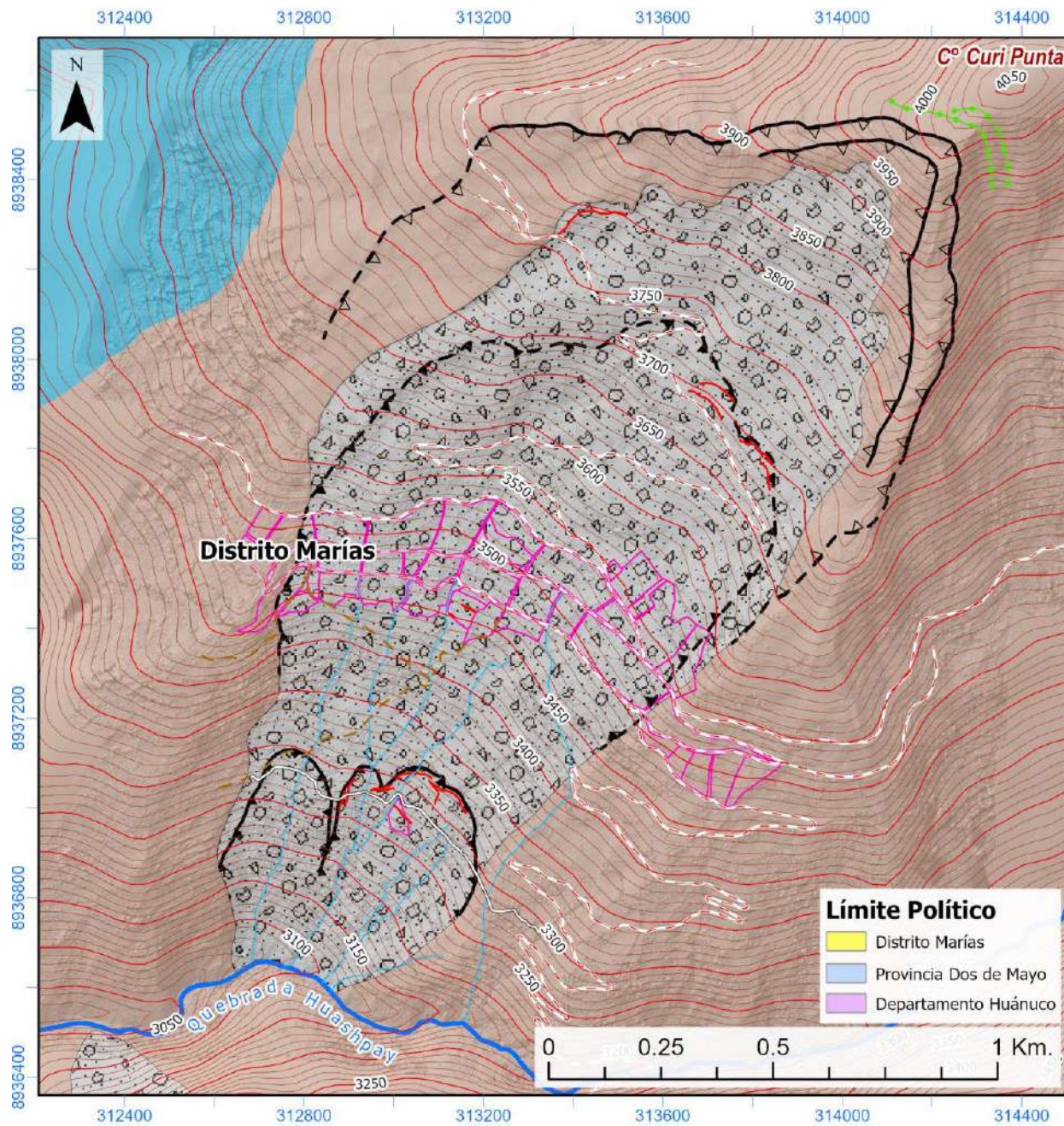
- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. Hojas: 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 76, 297 p.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, 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.
- 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.; & Vílchez, M. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos en la Región Huánuco. Boletín N°34, Serie C. INGEMMET.


Segundo A. Núñez Juárez
ESPECIALISTA EN PELIGROS GEOLÓGICOS


Ing. SILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

ANEXO 1: MAPAS

MAPAS DEL SECTOR MARÍAS



Unidades Litoestratigráficas

- Depósitos Coluvio-deluvial
- Grupo Mitu
- Complejo Metamórfico del Marañón

Simbología

- Grieta
- Grietas internas
- Vía afirmada
- Trocha
- Camino de herradura
- Drenaje
- Canal de riego
- Río
- Área urbana
- Curvas secundarias
- Curvas maestras
- Escarpe de derrumbe
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo inferido

INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

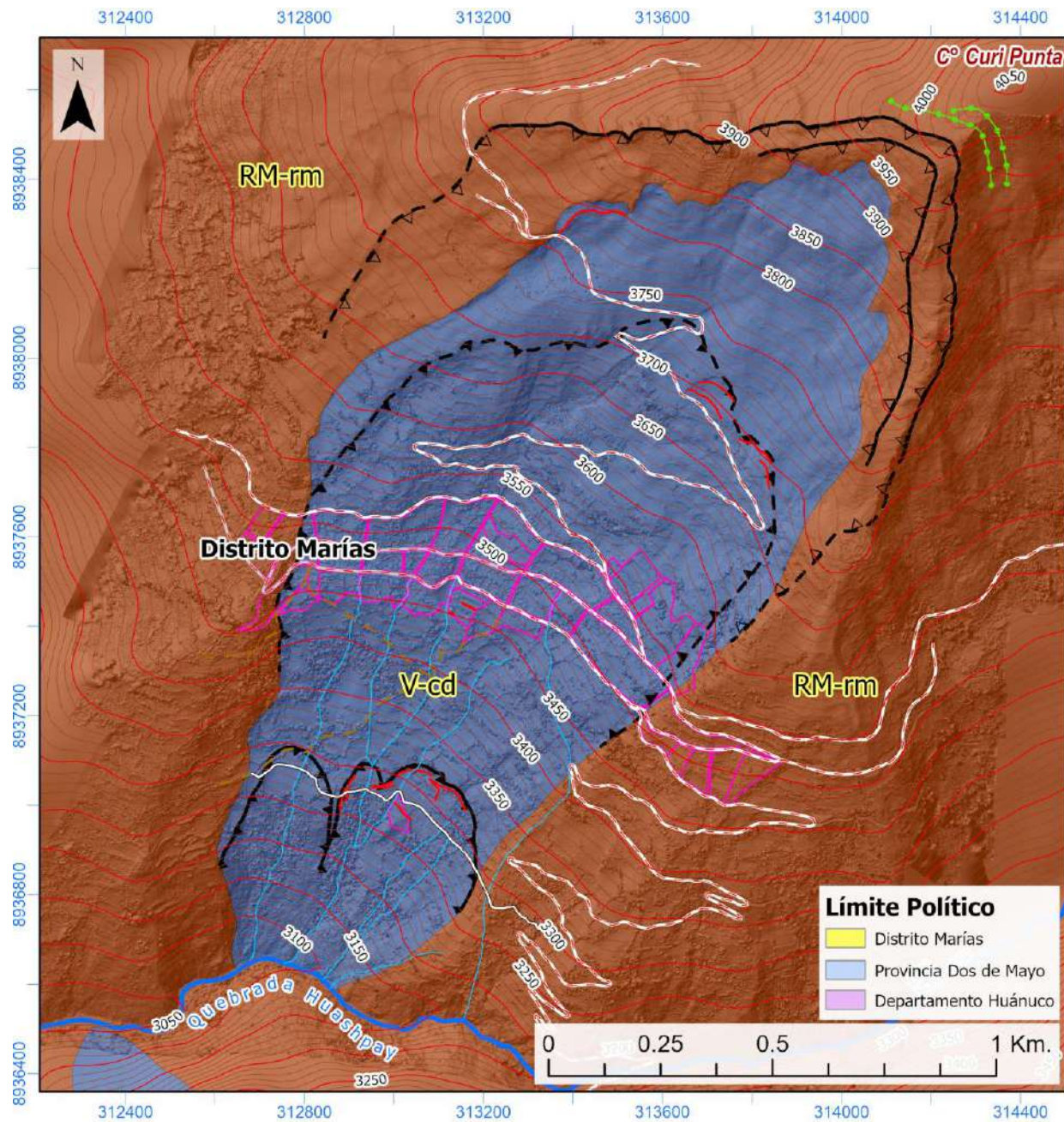
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT11: Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos

Mapa Geológico
Sector Marías

01

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



Unidades Geomorfológicas

- V-cd Vertiente coluvio-deluvial
- MR-rm Montaña en roca metamórfica

Simbología

- Escarpe de derrumbe
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo inferido
- Grieta
- Grietas internas
- Vía afirmada
- Trocha
- Camino de herradura
- Drenaje
- Canal de riego
- Quebrada
- Área urbana
- Curvas secundarias
- Curvas maestras

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

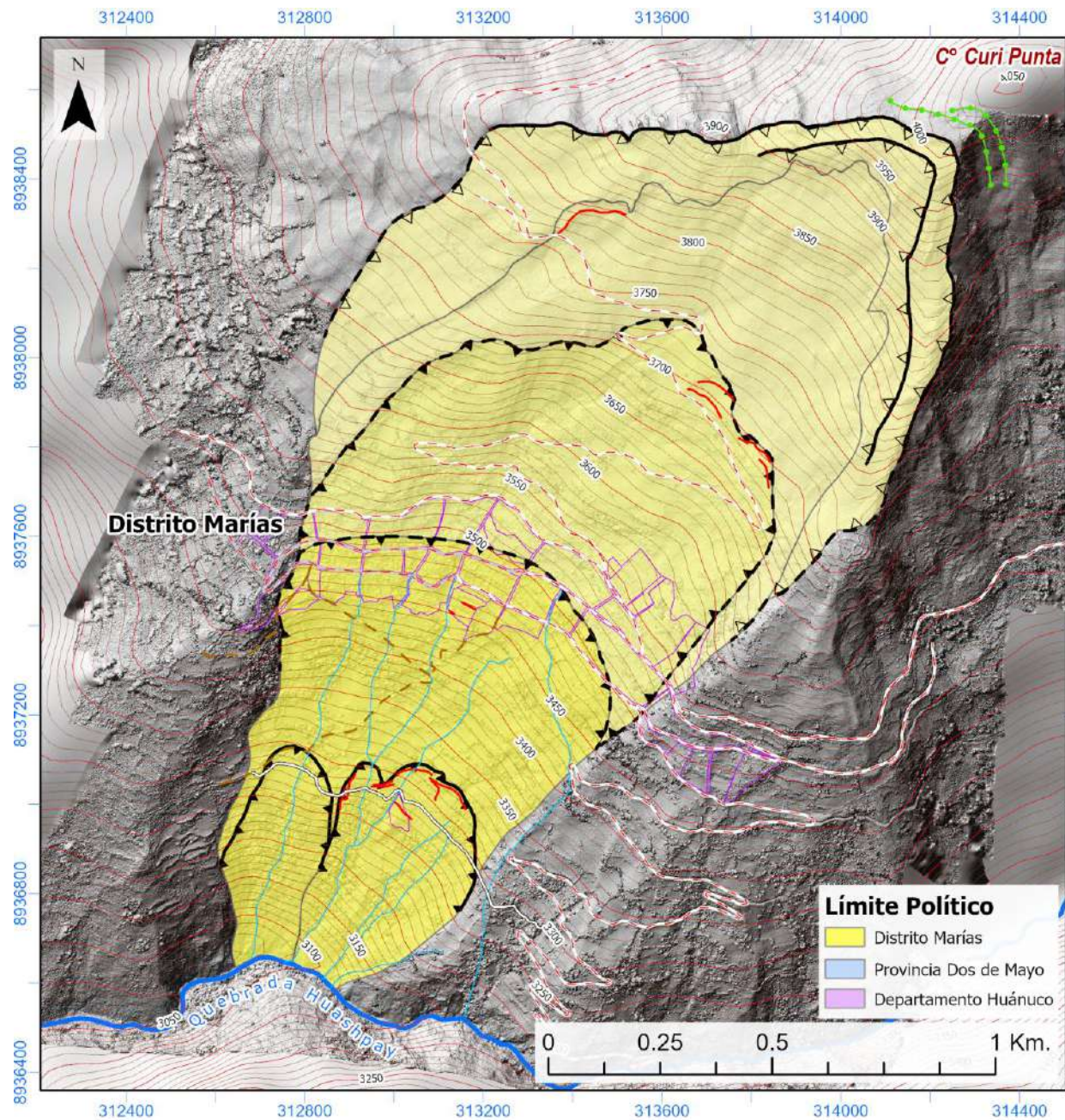
**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

ACT11: Servicio de asistencia técnica en la
evaluación de peligros geológicos

**Mapa Geomorfológico
Sector Marías**

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

02



Peligros geológicos

- Deslizamiento antiguo
- Deslizamiento inactivo latente
- Deslizamiento activo

Simbología

- Escarpe de derrumbe
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Escarpe de deslizamiento
- Escarpe de deslizamiento inferido
- Escarpe de deslizamiento antiguo inferido
- Grieta
- Grietas internas
- Vía afirmada
- Trocha
- Camino de herradura
- Drenaje
- Canal de riego
- Río
- Área urbana
- Curvas secundarias
- Curvas maestras

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL
Y RIESGO GEOLÓGICO**

**ACT16: Servicio de asistencia técnica en la
evaluación de peligros geológicos**

**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 34**). 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.

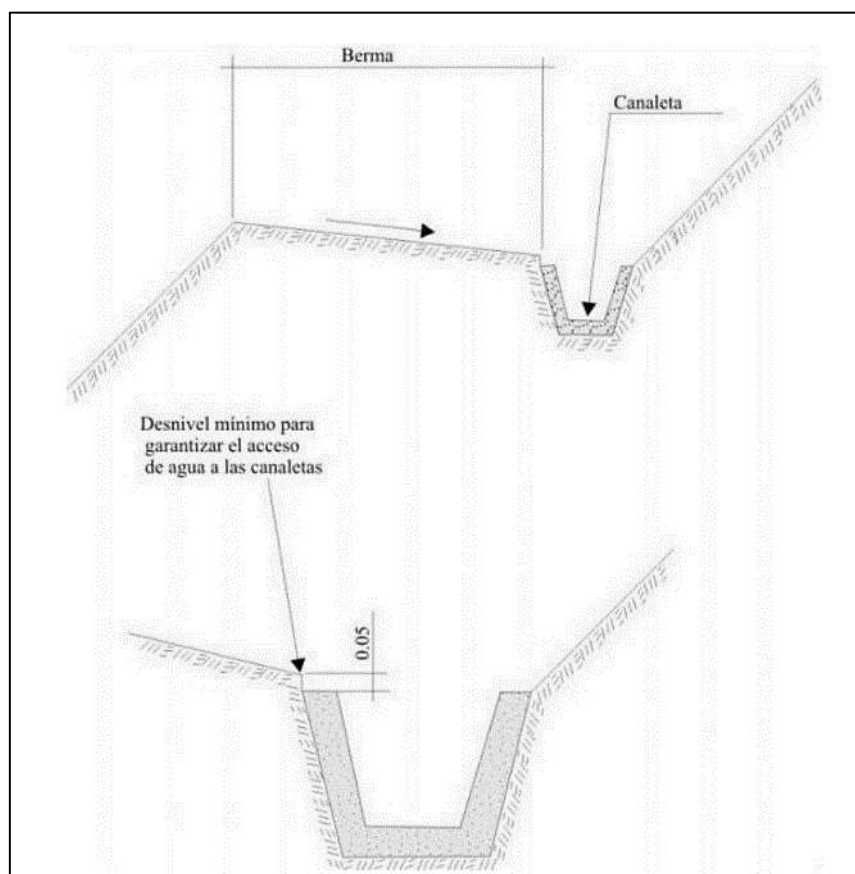


Figura 34. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

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).

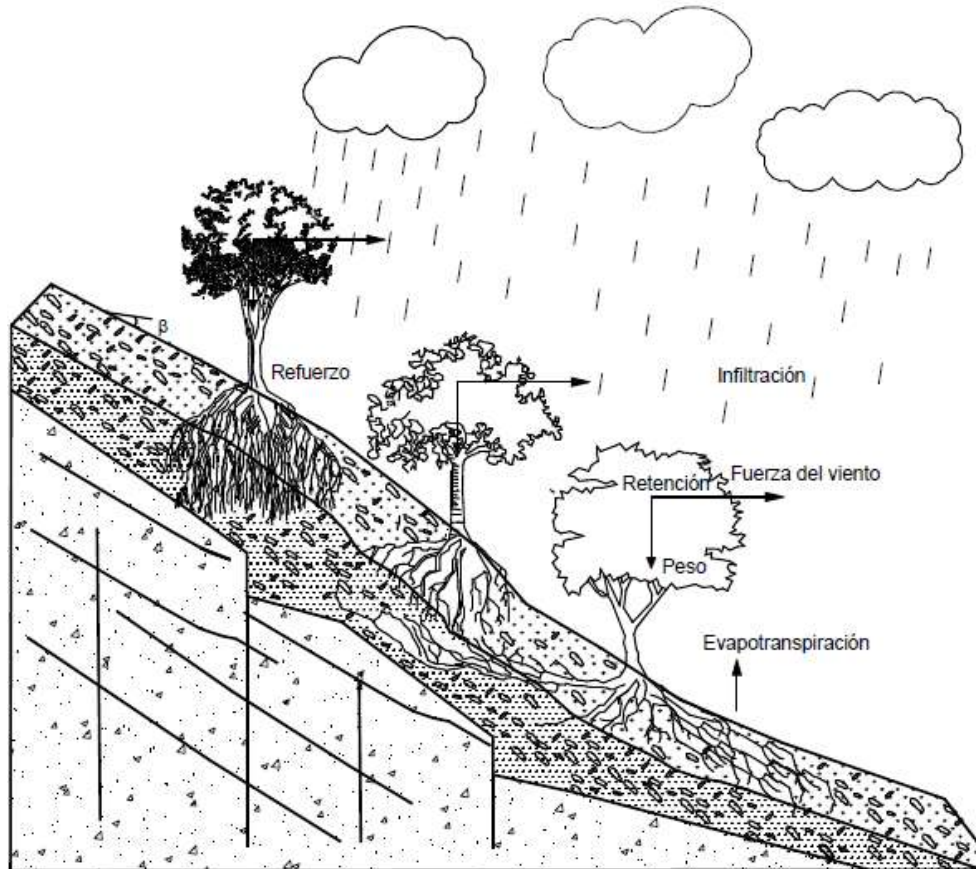


Figura 35. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz (2007).



Figura 36. 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 37**).

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 38**).
- **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 39**), 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.

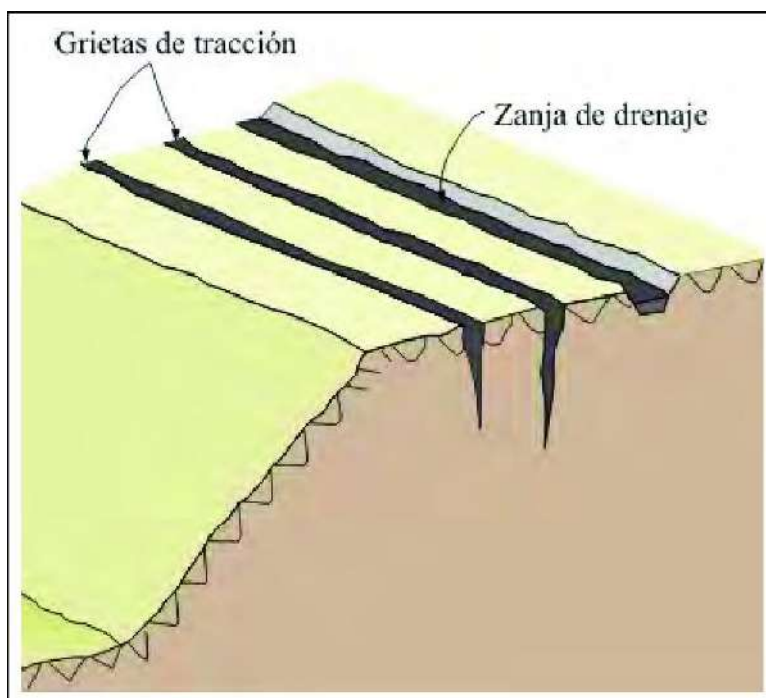


Figura 37. Zanjas o canales de coronación para deslizamientos. Tomado de INGEMMET (2000).

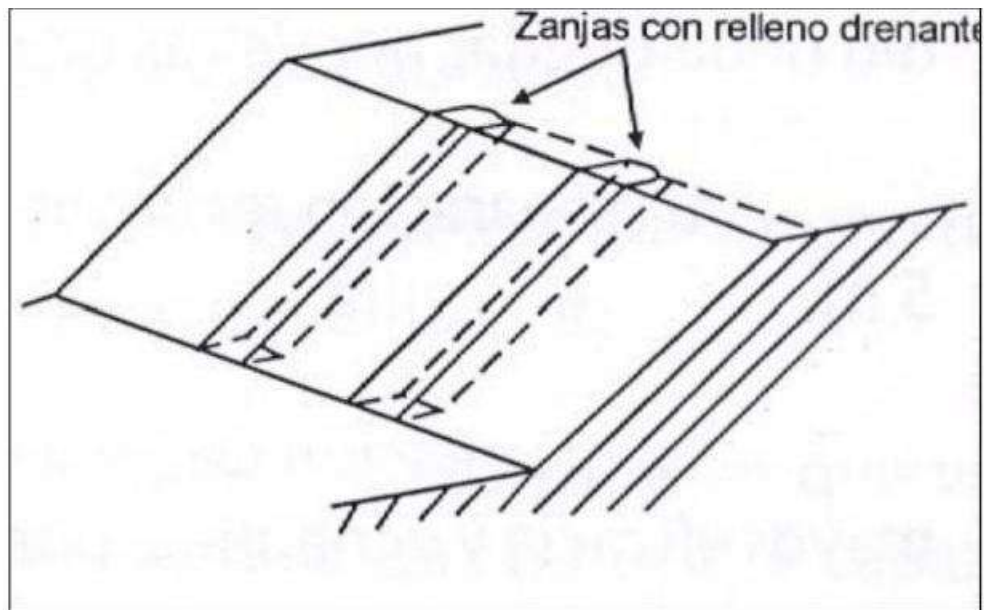


Figura 38. Zanjas de talud. Tomado de INGEMMET (2000).



Figura 39. Drenaje tipo espina de pescado. Tomado de INGEMMET (2000).