

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7122

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL SECTOR CHILLIHUANI

Región Cusco
Provincia Quispicanchi
Distrito Cusipata



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DEL SECTOR CHILLIHUANI.

(Distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi, región Cusco)

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

Equipo de investigación:

David Prudencio M.

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos del sector Chillihuani. Distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi y región Cusco. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7122, 31p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	3
1.3.1. UBICACIÓN.....	3
1.3.2. ACCESIBILIDAD.....	4
1.3.3. CLIMA.....	4
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	5
2.1. Unidades litoestratigráficas	5
2.1.1. FORMACIÓN ANANEA	6
2.1.2. GRUPO CABANILLAS.....	6
2.1.3. GRUPO MITU.....	6
2.1.4. DEPÓSITOS GLACIAR, FLUVIAL.....	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	6
3.1. Pendientes del terreno	6
3.2. Unidades geomorfológicas	8
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	8
3.2.1.1. Unidad de montañas	8
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL... 9	
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	9
4.2. Descripción del sector A: deslizamiento y flujo de detritos en la Institución educativa secundaria Javier Heraud.	10
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO.....	11
4.3. Descripción del sector B: flujo de detritos en el área propuesta para construcción de la Institución Educativa Inicial 1078.	13
4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO.....	13

4.4. Descripción del sector C: Reactivación de deslizamiento del sector Capillapata	15
4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	16
4.5. Factores condicionantes	17
4.6. Factores desencadenantes	17
4.7. Daños o efectos secundario	18
5. CARACTERIZACIÓN DE AREAS PROPUESTAS PARA REUBICACIÓN	19
6. CONCLUSIONES	20
Sector C: Capillapata	¡Error! Marcador no definido.
7. RECOMENDACIONES	22
Sector C: Capillapata	22
8. BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXO 1: GLOSARIO	25

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector Chillihuani, que pertenece a la jurisdicción distrital de Cusipata, provincia Quispicanchi, región Cusco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades geológicas que afloran son: el Grupo Mitu, conformado por aglomerados, lavas y brechas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas; la Formación Ananea se tienen pizarras y esquistos pizarrosos; Formación Cabanillas presenta intercalación de areniscas y lutitas micáceas; todas las secuencias mencionadas se encuentran muy fracturadas y altamente meteorizadas. También se observó depósitos glaciares fluviales, que contienen gravas, cantos y bloques en matriz areno arcillosa, que son de fácil remoción.

Los movimientos en masa identificados en la zona, se desarrollaron principalmente sobre los materiales sedimentarios recientes y la Formación Cabanillas.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional erosional (montañas en rocas volcano-sedimentaria y montaña en roca sedimentaria) y Geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente glacio-fluvial) y planicie (terrazas indiferenciadas). Estas geoformas desarrollan pendientes del terreno que van de medias (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°), considerados como un importante factor condicionante que origina la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa.

Se han identificado procesos denominados movimientos en masa (deslizamiento, derrumbes, flujos de detritos) y un evento antiguo que ha sufrido reactivaciones; de igual modo se reconocen zonas con procesos de erosión de laderas (cárcavas) con desarrollo de ensanchamiento y profundización. Todos estos procesos han afectado viviendas, a la institución educativas Javier Heraud y también pueden dañar la construcción de la institución educativa inicial 1078 como tramos de carretera y trochas carrozables.

Se concluye que el área de estudio es considerada, de **Muy Alto Peligro** a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, los cuales pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) o ante la ocurrencia de movimientos sísmicos.

Finalmente, se brinda algunas recomendaciones importantes, que deben ser tomadas en cuenta por las autoridades competentes; tales como la reubicación de viviendas afectadas y la forestación de las zonas con erosión intensa.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud de Gobierno Regional del Cusco y la Municipalidad Distrital de Cusipata, según oficio N° 410-2019-GR CUSCO-OGRS/D, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo (deslizamientos, flujos, caídas y erosión superficial), ocurridos a lo largo de los últimos años que afectó viviendas y la infraestructura educativa secundaria Javier Heraud del centro poblado de Chillihuani.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Ing. David Prudencio para realizar la inspección técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron el día 11 de noviembre del 2020, con el acompañamiento del Jefe de la Oficina de Defensa Civil Distrital.

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

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Cusipata, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el centro poblado de Chillihuani, el sector de Capillapata, Institución educativa Javier Heraud y zona de construcción de la institución educativa inicial 1078, a fin de evaluar los daños que pueden generar en las viviendas, integridad de la población y seguridad física de las infraestructuras educativas.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa de los sectores evaluados.
- c) Emitir recomendaciones viables y ejecutables a fin de reducir, prevenir y/o mitigar los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados. Todos ellos determinados en el presente informe.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen al centro poblado de Chillihuani, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 74, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligros geológicos en la región Cusco” (Vílchez, et al., 2020); Menciona los peligros geológicos identificados corresponden a deslizamientos, caída de rocas, derrumbes y procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas). Además, con el análisis de susceptibilidad por movimientos en masa, se puede observar que, el sector evaluado presenta alta y muy alta susceptibilidad, además de presentar condiciones del terreno favorables a muy favorables para generar movimientos en masa, como la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno.
- B) En la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ocongate (28-t) (Sánchez, A., 2003); describe la información relacionada a los cambios más resaltantes sobre estratigrafía, rocas ígneas y geología estructural del área de dichos cuadrángulos.
- C) Boletín N° 25, serie A, carta geológica nacional: “Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani” (Audebaud, E., 1973), se describe la geología presente en la zona evaluada

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada, comprende los sectores A: Institución educativa Javier Heraud, B: Zona de construcción de la institución educativa inicial 1078 y C: sector Capillapata, localizados en el centro poblado Chillihuani, del distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi, región Cusco (figura 1), cuenta con siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 19S) siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	238002	8466626	-13° 51.493'	-71° 25.439'
2	239258	8466626	-13° 51.500'	-71° 24.743'
3	238002	8465540	-13° 52.082'	-71° 25.446'
4	239258	8465540	-13° 52.089'	-71° 24.749'
COORDENADA CENTRAL DE LOS SECTORES EVALUADOS				
A	238311	8465747	-13° 51.971'	-71° 25.273'
B	238958	8465924	-13° 51.879'	-71° 24.913'
C	238349	8466134	-13° 51.762'	-71° 25.250'

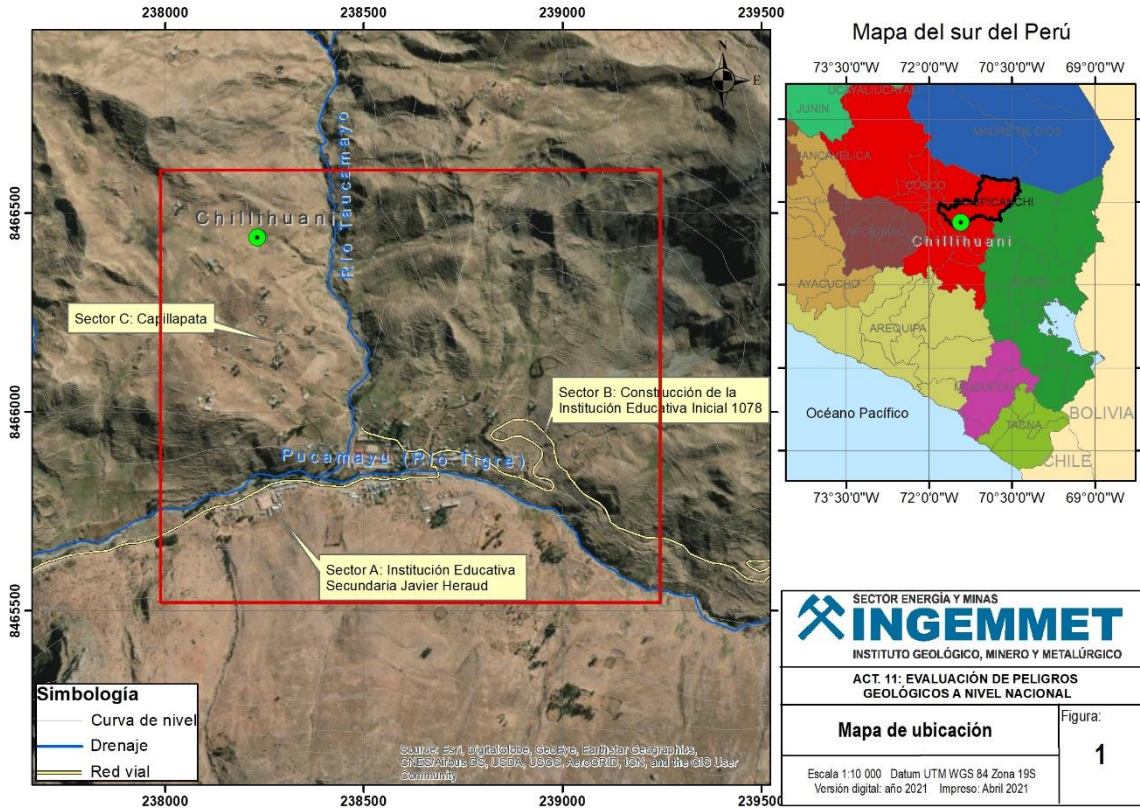


Figura 1. Mapa de ubicación del centro poblado Chillihuani.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

Se accede a la zona de estudio por vía terrestre, desplazándose desde la ciudad del Cusco (INGEMMET - OD Cusco), mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cusco - Cusipata	Asfaltada	80	1 h 45 min
Cusipata - Chillihuani	Afirmada	20	45 min

1.3.3. CLIMA

De acuerdo al mapa climático del SENAMHI (2018), en el centro poblado de Chillihuani se presenta un clima semiseco con eficiencia de temperatura de tipo frío, con frecuencia de precipitaciones en los meses de diciembre a marzo y heladas en los meses de junio

a setiembre, con humedad atmosférica relativa de tipo seca. Las lluvias acumuladas anuales promedio son de 700 mm y temperaturas medias anuales de 12°C.

Esta clasificación climática es sustentada con información meteorológica recolectada de aproximadamente 20 años a partir de la cual se formulan “Índices Climáticos” de acuerdo a la clasificación climática por el método de Thornthwaite.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se elabora teniendo como base la memoria descriptiva de revisión y actualización del cuadrángulo Ocongate (28-T) (Sánchez y Zapata, 2003), en la cual resaltan principalmente depósitos de lutitas y pizarras de las formaciones Ananea y Cabanillas. Esto se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, corresponden a afloramientos de roca sedimentaria, conformado por depósitos acumulados desde el Paleozoico hasta la actualidad (figura 2). Localmente se han identificado depósitos fluviales y glaciares.

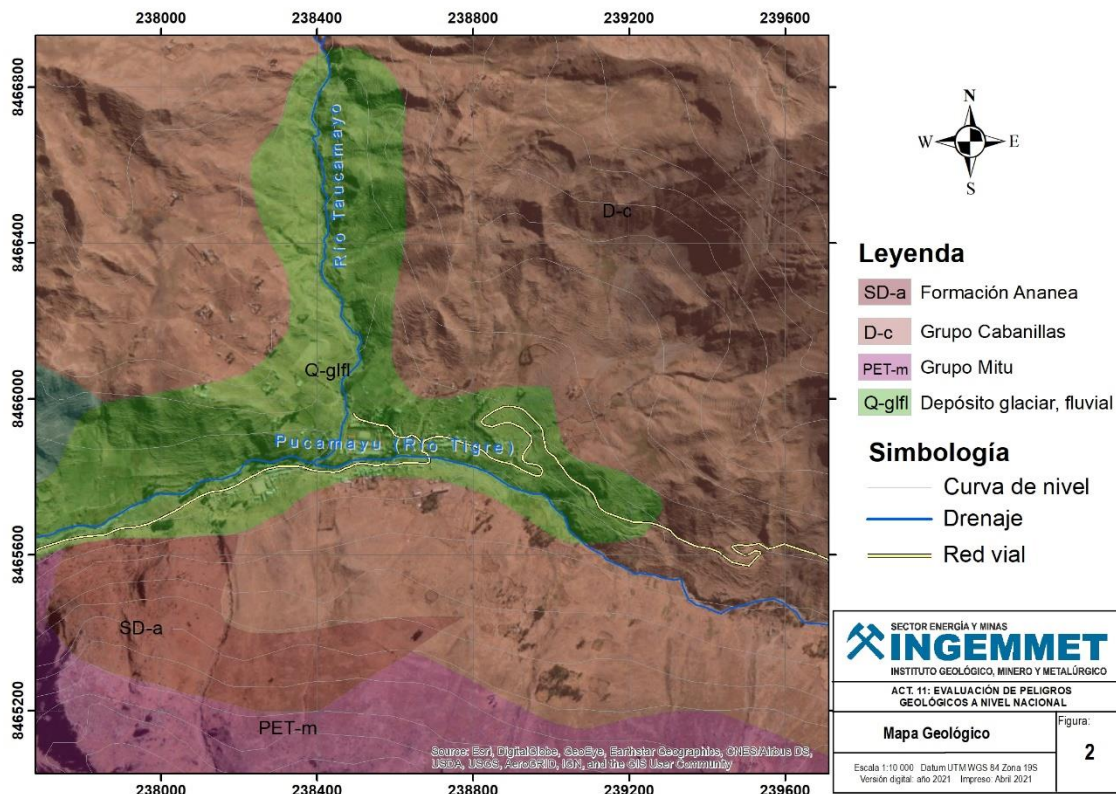


Figura 2. Mapa geológico del centro poblado de Chillihuani tomado del cuadrángulo de Ocongate, Hoja 28-t.

2.1.1. FORMACIÓN ANANEA

Esta unidad es la más antigua que aflora en el área evaluada, litológicamente está conformado por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris que se intercalan en forma esporádica con cuarciarenitas en estratos delgados lenticulares. Se encuentra muy replegada, fuertemente fracturada por la presencia de fallas cercanas, de rumbo en la parte alta sobre la cual se presenta una intensa meteorización (Sánchez y Zapata, 2003). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

2.1.2. GRUPO CABANILLAS

Conformada por una intercalación de areniscas y lutitas micáceas en estratos medianos a delgados con presencia de estratificación cruzada hummocking, también puede presentar diamictita, clastos intraformacionales y slump. Aflora notoriamente al noreste en el cerro Quimsa Orjo (Sánchez y Zapata, 2003) Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

2.1.3. GRUPO MITU

Afloran ampliamente a lo largo del anticlinal del Vilcanota, y se aprecia en los alrededores de la zona de estudio, en el cuadrángulo de Ocongate, está compuesta por aglomerados, lavas y brechas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas, con cuerpos volcánicos que cortan los diversos niveles (Sánchez y Zapata, 2003).

2.1.4. DEPÓSITOS GLACIAR, FLUVIAL

Se aprecian ampliamente como depósitos glaciares en la parte baja del cerro Quimsa Orjo y fluviales en el cauce del río Pucamayo. Se acumulan a consecuencia del transporte de materiales para luego ser abandonados por el retroceso glacial, están constituidos por gravas, cantos y bloques de pizarras y filitas en matriz areno arcillosa, dejando formas de conos y terrazas antiguas aisladas.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Los rangos de pendiente van de terrenos medios (5°-15°) a fuertes (15°-25°), con un cambio a terrenos muy fuertes (25°- 45°), en la ladera del cerro Jeshco, a abruptas (45°-90°) en menor proporción al oeste de las laderas de este cerro (figura 3)

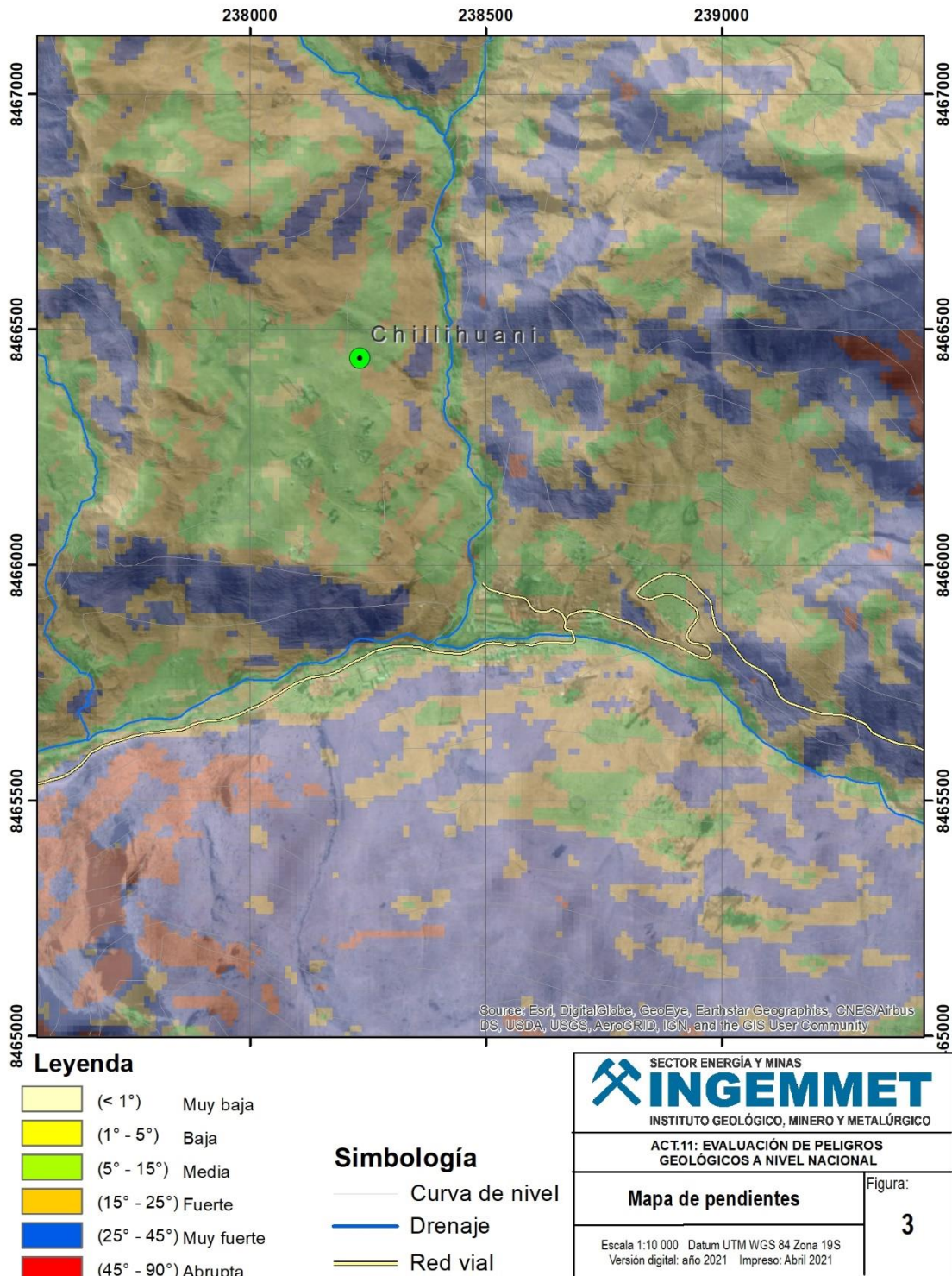


Figura 3. Mapa de pendientes del centro poblado de Chillihuani.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez, M., et al, 2019).



Figura 4. Foto tomada en dirección noreste donde muestra las Unidades Geomorfológicas en la zona de estudio.

3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Estas geoformas, son el resultado de procesos originados por la tectónica que presenta el área de estudio, sumado a un consiguiente proceso denudativo y erosional, afectando otras geoformas pre existentes por acumulación de materiales:

3.2.1.1. Unidad de montañas

Se consideran dentro de Unidad de Montañas a elevaciones del terreno con alturas mayores a 300 m con respecto al nivel de base local, diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforma y los procesos que han originado su forma actual

Sub Unidad de montañas en rocas volcánicas sedimentarias (RM-rvs): Se considera dentro de esta subunidad a las rocas de la Grupo Mitu, compuestas por rocas sedimentarias con intercalaciones de brechas y coladas volcánicas; se ubica en las partes altas del cerro Jeshco, generando materiales disponibles para generar movimientos en masa ya que están asociadas a la ocurrencia de procesos de erosión de laderas, pequeños flujos de detrito, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas.

Sub Unidad de montañas en roca sedimentaria (RM-rs): Dentro de esta subunidad se considera las rocas de las Formaciones Cabanillas y Principalmente de Ananea, compuestas por areniscas, lutitas micáceas, pizarras, esquistos y cuarciarenitas, ubicada al norte de la zona de estudio.

3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Estas geofomas, son el resultado de procesos geológicos constructivos originados por agentes móviles como los glaciares y las aguas de escorrentía que presenta el área de estudio, generando la nivelación de la superficie, mediante los depósitos de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados:

Sub Unidad de vertiente glacio-fluvial (V-gfl): Se considera dentro de esta subunidad a los depósitos de materiales de origen glacial, compuestas por fragmentos de pizarras y filitas las cuales fueron transportados y redepositadas por acción de la escorrentía de la deglaciación o por precipitaciones pluviales; se ubica al pie de las laderas del cerro Quimsa Orjo formado conos fluvio-glaciares.

Sub Unidad de terraza indiferenciada (Ti): Dentro de esta subunidad se considera valles con ríos estrechos que no se pueden distinguir el fondo de estos, como tampoco las terrazas y llanuras de inundación.

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos y caídas (derrumbes) (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes y sus infiltraciones sobre el terreno que conllevaron a la generación de diversos movimientos en masa, las cuales modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

En la figura 5 se presenta la cartografía de dichos procesos, caracterizados por flujos de detritos, deslizamientos, erosiones de ladera y cárcavas.

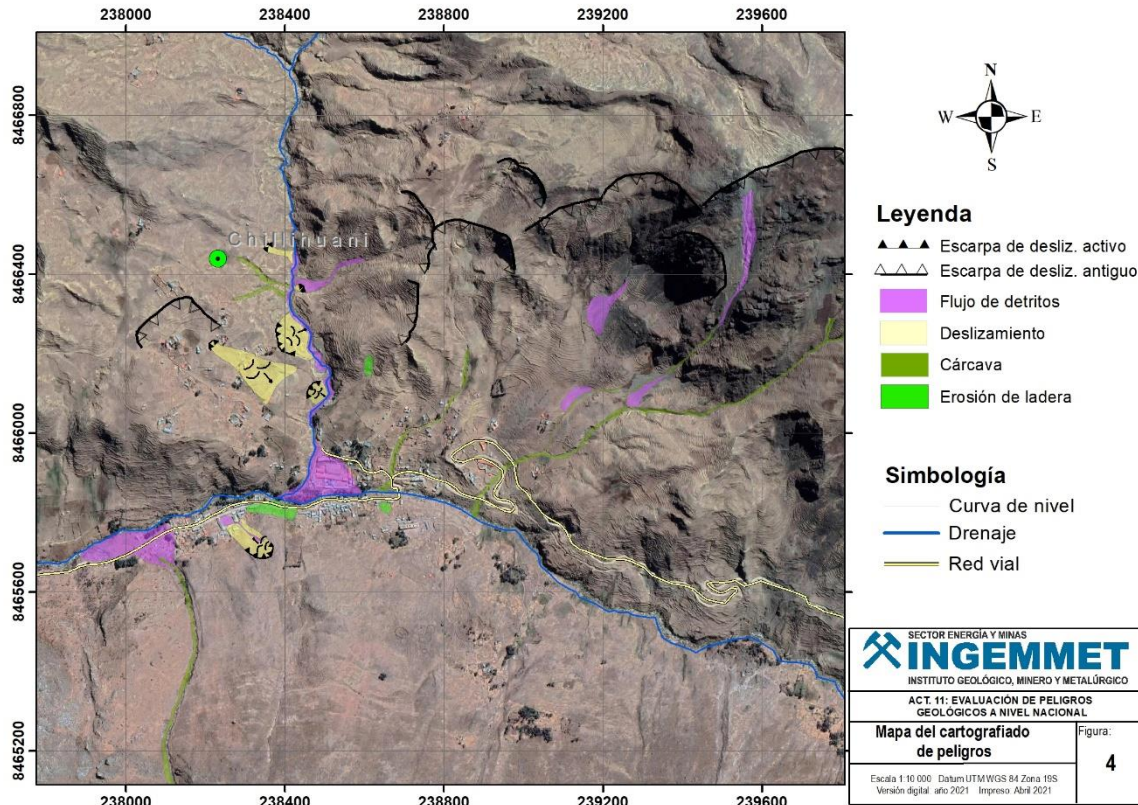


Figura 5. Mapa del cartografiado de peligros del centro poblado de Chillihuani.

4.2. Descripción del sector A: deslizamiento y flujo de detritos en la Institución educativa secundaria Javier Heraud.

El sector se ubica en la margen izquierda del río Pucamayo (Tigre) y ladera del cerro Jeshco, Se evidencian deslizamientos y flujos reactivados de un deslizamiento antiguo.

Se evidencia la aparición en los últimos años, de dos grietas actualmente recubiertas, las cuales presentan un desnivel promedio de 4 cm y una distancia de 44 m; que de acuerdo a las imágenes satelitales corresponden a la zona de cabecera del deslizamiento reciente, además de boques de roca sueltos en la ladera que podrían generar caídas (figura 6).

En la parte media del deslizamiento se presenta erosión superficial y 2 carcavamientos que generan y conducen flujos hacia el colegio. Las cárcavas presentan profundidades hasta de 1 m y anchos de 10 m, y cuya distancia de extensión alcanza hasta el colegio en unos 75 m, para luego canalizarse por una calle y confluir al río Tigre (figura 7 y 8).

El 16 de noviembre del 2019 se generó un flujo de detritos que afectó al colegio Javier Heraud:

4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

A continuación, se describe las características del evento de flujo de detritos arriba mencionado:

- Ancho promedio de la cabecera donde se produjo el flujo: 10 m
- Profundidad de la incisión: 1 m
- Distancia del recorrido del flujo: 75 m
- Dirección (azimut): N 320°
- Volumen aproximado de material colapsado: 500 m³.
- Los materiales arrastrados por el flujo llegaron al patio del colegio Javier Heraud dejando depósitos de hasta 40 cm de altura con contenido de arcillas, limos, arenas y gravas.



Figura 6. Vista tomada en coordenadas UTM E 238393; N 8465709. En la vista se aprecia una grieta que se generó el presente año.



Figura 7. Vista tomada en coordenadas UTM E 238243; N 8465794. En la vista se aprecia la erosión superficial y las cárcavas que generaron el flujo de detritos en el patio del colegio Javier Heraud.

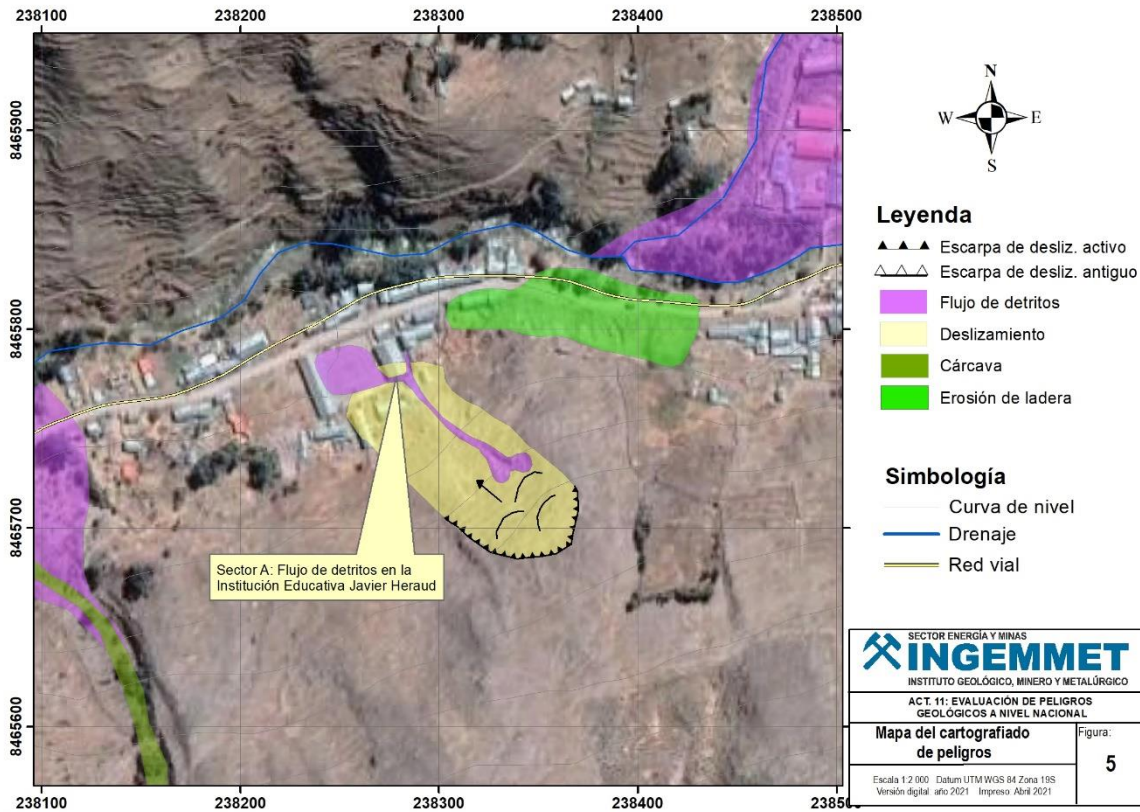


Figura 8. Cartografiado de peligros del sector A: Institución educativa Javier Heraud donde se presentó un flujo de detritos en medio de un deslizamiento.

4.3. Descripción del sector B: flujo de detritos en el área propuesta para construcción de la Institución Educativa Inicial 1078.

El área propuesta para construcción de la institución educativa inicial 1078, se ubica en la margen derecha del río Tigre y la ladera del cerro Quisma Orjo, al sur del anexo Corcopata.

Se encuentra circundado por escarpas de derrumbes antiguos, sobre los cuales se observaron varios drenes con carcavamiento que fluyen hacia el río Tigre.

El dren principal es una cárcava que cuenta con un recorrido de 1500 m, ancho de 10 m y altura hasta 5 m. La disposición del material suelto en el cauce, puede encauzarse y generar flujos de detritos, que se removerían ante la presencia de lluvias intensas. Por otro lado, esta cárcava podría aumentar sus dimensiones, trayendo consigo la afectación del muro perimétrico construido en el área de propuesta de construcción de la I.E. Inicial 1078, la cual se ubica a la margen derecha de este dren (figura 9).

La sinuosidad y el material adosado en los drenajes generan flujos de detritos, estos pueden ser pequeños con recorridos de hasta 70 m. Los materiales depositados están compuestos por fragmentos de roca sub angulosos con diámetros promedio de 10 cm, que se explayan en medio de los drenajes (10 y 11).

A esto se suma, la presencia de emanaciones de agua en el subsuelo, que se manifiestan en épocas de lluvias, según manifiestan los pobladores.

4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

A continuación, se presenta las características principales de los drenes que conducen los flujos:

- Ancho promedio del dren principal: 10 m
- Profundidad del dren: 5 m
- Distancia del recorrido del dren: 1500 m
- Dirección (azimut): N 220°



Figura 9. Vista tomada en coordenadas UTM E 238858; N 8466042. En la vista se aprecia el dren principal y la nueva construcción de la I.E. Inicial 1078 que puede ser afectada por la cercanía a este dren.



Figura 10. Vista tomada en coordenadas UTM E 239044; N 8466074. En la vista se aprecia los flujos de detritos que se desplazan en medio de los drenes.

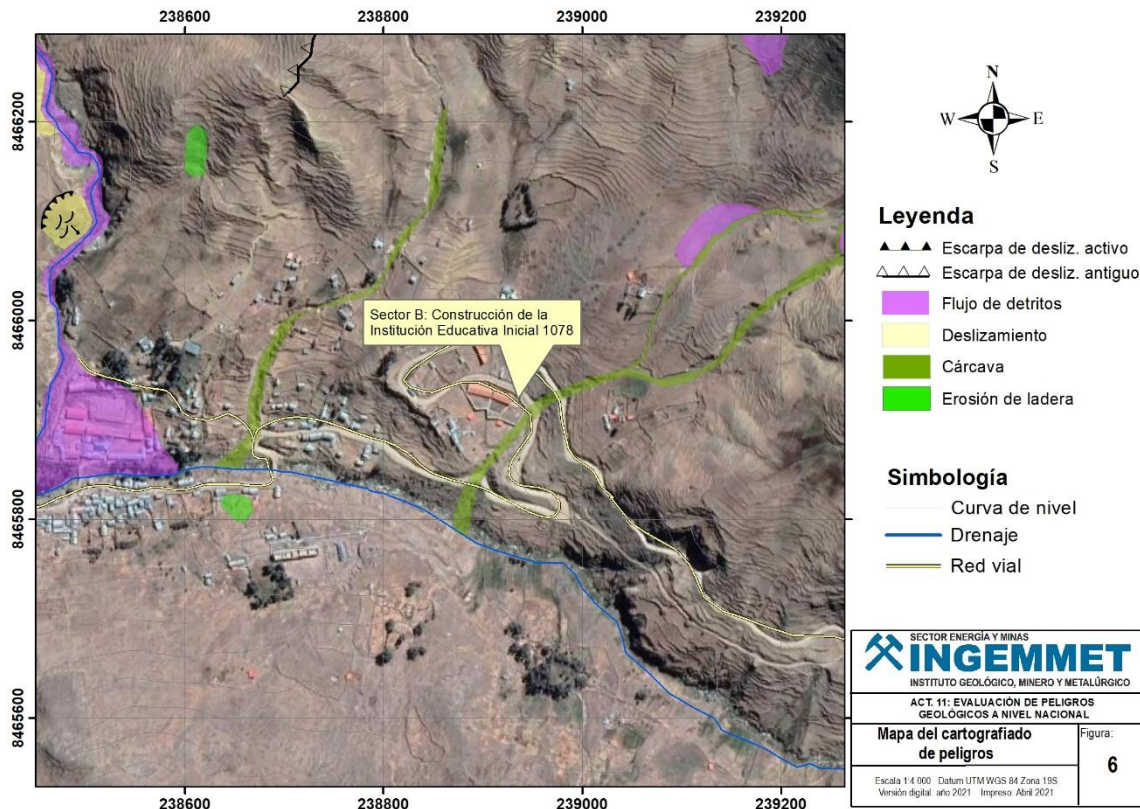


Figura 11. Cartografiado de peligros del sector B: Área propuesta para construcción de institución educativa Inicial 1078, donde se aprecia una cárcava que puede afectar el muro perimétrico.

4.4. Descripción del sector C: Reactivación de deslizamiento del sector Capillapata

Sector conocido como Capillapata; ubicado en la margen derecha del río Tigre y Taucamayo. En esta zona se observa la reactivación de un deslizamiento antiguo, generado por el corte del talud realizado en la parte baja, hecho para la ampliación del estadio municipal de Chillihuani en el año 2019

En la parte alta de este sector se aprecia una escarpa antigua de deslizamiento, cuya masa comenzó a moverse nuevamente, evidenciada por la aparición de grietas en medio del cuerpo deslizado, afectando a las viviendas de la zona.

El deslizamiento tiene una dirección N 145° igual que las grietas que nos indican que aparecieron en el presente año. En la parte media del sector se observó grietas que tienen en promedio 25 m de longitud, 12 cm de ancho y 15 cm de profundidad (figura 12); y en la parte baja del sector una cárcava con medidas de 1 m de ancho y 50 cm de altura que finaliza en la ampliación del estadio, donde aparece un ojo de agua, además, una grieta de 60 m de longitud con 25 cm de ancho y 35 cm de profundidad (figura 13 y 14).

4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Evidencias principales de grietas que indican el avance del deslizamiento:

- Distancia promedio del deslizamiento: 60 m
- Distancia promedio de las grietas: 45 m
- Profundidad de las grietas: 25 cm
- Ancho promedio de las grietas: 18 cm
- Dirección (azimut) del deslizamiento: N 145°
- Área aproximada del deslizamiento: 12 500 m².
- El deslizamiento del sector se ve afectado por el corte de talud que se realizó para la construcción del estadio de Chillihuani.



Figura 12. Vista tomada en coordenadas UTM E 238216; N 8466203. En la vista se aprecia las grietas que aparecieron recientemente en la parte alta del sector.



Figura 13. Vista tomada en coordenadas UTM E 238350; N 8466084. En la vista se aprecia grietas que afectan muros de las viviendas del sector.

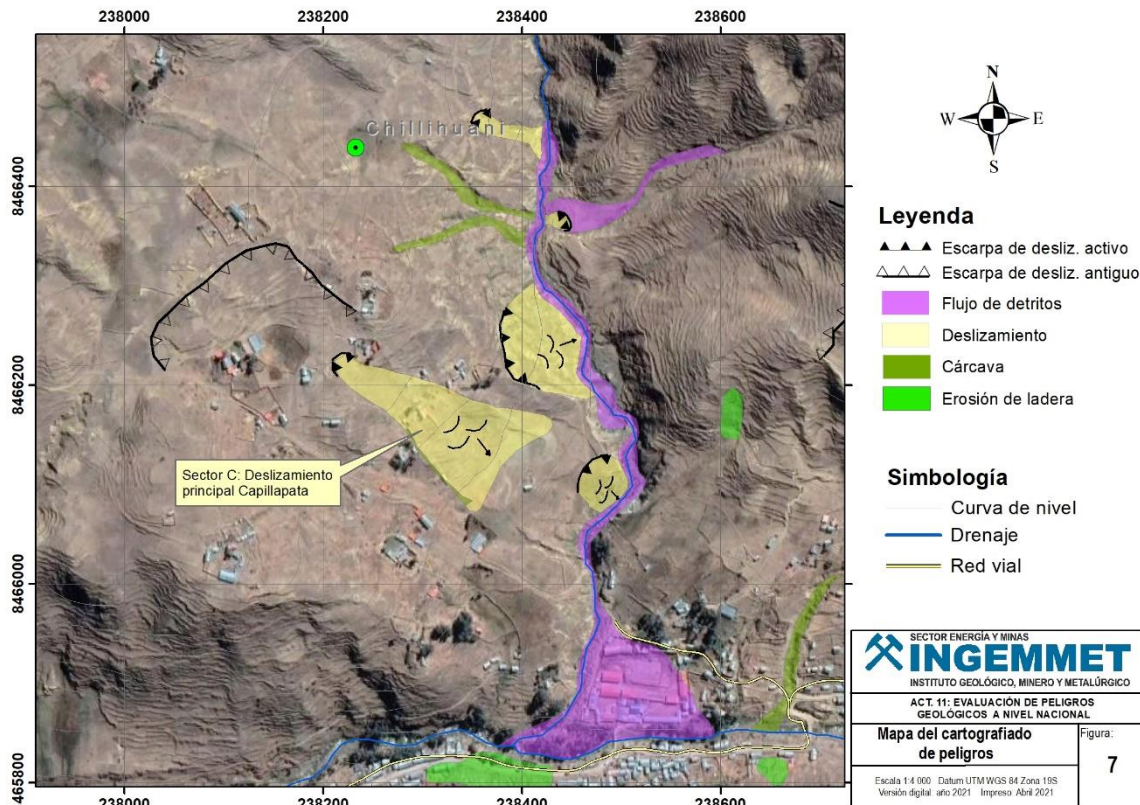


Figura 14. Cartografiado de peligros del sector C: Capillapata donde se presentó la reactivación de un deslizamiento que está afectando a las viviendas de la zona.

4.5. Factores condicionantes

- La litología presente en el sector está compuesta por intercalación de areniscas y lutitas micáceas de la formación Cabanillas y depósitos glaciares; cuyas rocas se presentan muy fracturadas y son muy frágiles.
- La presencia de geformas de pendientes altas conformadas sobre suelos débiles, generan procesos denudacionales erosionales.
- La pendiente juega un factor importante, ya que aumenta la fuerza de los flujos generando una mayor erosión a las laderas y facilita a generar cualquier tipo de caídas.
- La cobertura vegetal de la zona es escasa y no es suficiente para mantener estable los taludes del sector, también no se aprecia en las quebradas, drenes o cauces que ayudan a evitar la erosión fluvial y los flujos.
- La actividad antrópica de corte de talud para la construcción de viviendas, entre otros.

4.6. Factores desencadenantes

- Las precipitaciones pluviales estacionales que se dan en los meses de diciembre a marzo sobrecargan los suelos al punto de desestabilizarlos, generando deslizamientos y caídas. Además, en los drenes las

precipitaciones también desencadenan flujos a causa de la erosión que genera.

- De acuerdo a Tavera (2016) el potencial sísmico de la zona evaluada es intermedio y en general se producen sismos de magnitud de momento (Mw) mayores a 5. Estos sismos pueden desencadenar movimientos en masa, ya que generan energía adicional sobre los taludes, produciendo inestabilidad y fracturas en los sectores más susceptibles.

4.7. Daños o efectos secundario

En el sector de Capillapata las grietas observadas en las laderas están afectando a las viviendas del sector, dejando con rajaduras los muros de nueve viviendas y quedando inhabitables tres de estas (figuras 15 y 16).

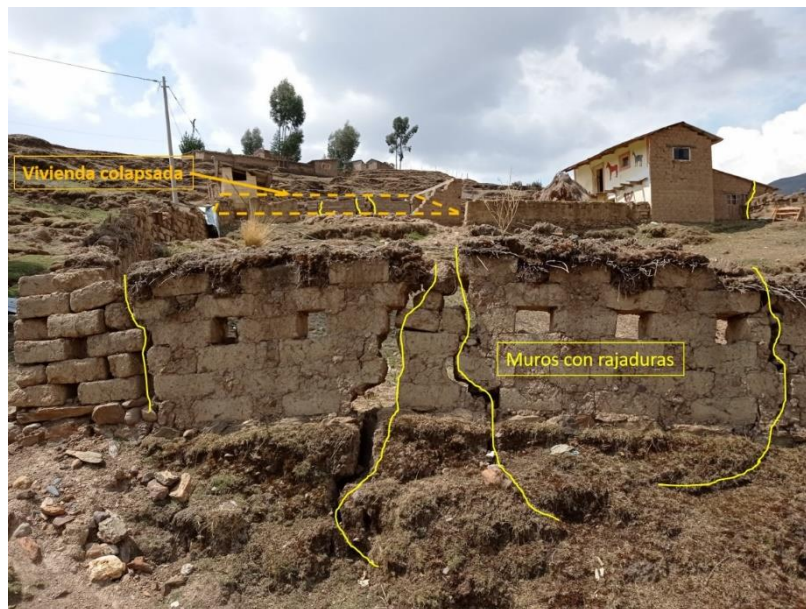


Figura 15. Vista tomada en coordenadas UTM E 238298; N 8466134. Se aprecian grietas en muros de las viviendas, además de una vivienda colapsada por el movimiento del suelo.



Figura 16. Vista tomada en coordenadas UTM E 238297; N 8466135. Se aprecian grietas que dejan muros colapsados de las viviendas.

5. CARACTERIZACIÓN DE AREAS PROPUESTAS PARA REUBICACIÓN

En el trabajo de campo, se consultó sobre áreas disponibles debido a la necesidad de nuevos espacios para la reubicación de las viviendas encontradas en peligro muy alto; sin embargo, el presidente de la comunidad indica no tener áreas libres o disponibles en el momento.

6. CONCLUSIONES

Sector A: Institución educativa secundaria Javier Heraud

- a) La institución Educativa Javier Heraud se encuentra en **peligro muy alto por deslizamiento**, el cual podría dañar al colegio y viviendas cercanas.
- b) Los factores condicionantes:
 - Litología, conformada por areniscas y lutitas que se encuentran altamente meteorizadas y fracturadas (Formación Cabanillas).
 - Pendientes de las laderas comprendidas entre 15° y 25°.
 - Escasa cobertura vegetal que permite la infiltración de agua.
 - Actividad antrópica, se han realizado cortes de talud para la construcción de vía, ha desestabilizado la ladera.
- c) Los factores desencadenantes normalmente son los sismos y las lluvias que se presentan periódicamente en el sector.

Sector B: área propuesta de construcción de la Institución Educativa Inicial 1078

- a) Se identificaron depósitos de **flujos de detritos (huaicos)**, conformado por gravas y bloques en matriz limo-arenosa, son de fácil erosión.
La fuente que provee material suelto al cauce de la quebrada, se encuentra adosado en las laderas.
Por otra parte, el paso del flujo sobre el cauce de la quebrada, va desestabilizar el pie de las laderas, es muy probable que se reactiven o generen nuevos movimientos en masa, este material incrementará el volumen del flujo.
- b) Los flujos y cárcavas se le cataloga como **peligro alto**, puede afectar la nueva construcción de la Institución Educativa Inicial 1078, dado que el canal principal se encuentra cerca del muro perimétrico de dicha institución.
- c) Los factores condicionantes de estos eventos son:
 - Depósitos glaciares, compuestos por gravas, cantos y bloques de pizarras y filitas en matriz areno arcillosa, de fácil remoción.
 - El sector mencionado, se encuentra sobre una vertiente glacio-fluvial, constituida por materiales de origen glaciar. Estos son de fácil remoción.
 - La escasa a nula cobertura vegetal, facilita la infiltración del agua.
- d) El factor desencadenante de los flujos y las cárcavas son las lluvias que se presentan periódicamente en el sector.

Sector C: Capillapata

- a) Se reconoció un antiguo deslizamiento en proceso de reactivación, manifestado por los agrietamientos del terreno.
Cerca del flanco derecho del cuerpo del deslizamiento se visualizó procesos de erosión en cárcava.
- b) El deslizamiento por estar en proceso de reactivación es catalogado como de **muy alto peligro**,
- c) Los factores que condicionan este evento son:
 - Areniscas y lutitas de la Formación Cabanillas, que se encuentran altamente meteorizadas y muy fracturadas. Además, se tienen depósitos fluvio-glaciares de fácil erosión.
 - La pendiente que presenta la zona es de 5° a 15°.
 - La falta de cobertura vegetal en la zona, aumenta la infiltración de agua.
 - El corte de talud para la vía, ha desestabilizado parte de la ladera.
- d) El factor desencadenante de la reactivación del deslizamiento, son lluvias intensas que se presentan el sector. Un sismo también puede reactivarlo.

7. RECOMENDACIONES

Todas las recomendaciones señaladas en el documento deben ser ejecutadas integralmente, además deben estar acompañadas de supervisión técnica para garantizar su adecuada instalación y vida útil.

Sector A: Institución educativa secundaria Javier Heraud

- a) Mejorar la zanja de coronación que se encuentra en mal estado, esta se ubica en las coordenadas UTM E: 23840 S: 8465658 N, además se recomienda construir otra sobre la cabecera del deslizamiento.
- b) Dar estabilidad y mantenimiento a las banquetas (andenes) que existen en el cuerpo del deslizamiento, como también construir nuevas, especialmente en las laderas adyacentes.
- c) En toda la ladera forestar con especies nativas y evitar que sean taladas, con el fin de mejorar la compactación del suelo y reducir la infiltración de agua de lluvia.
- d) Evitar los cortes del talud en laderas aledañas a la institución educativa, porque estas acciones debilitan y desestabilizan el sector.
- e) Se recomienda el reasentamiento del local de la institución educativa y las viviendas dentro del área de influencia del evento.

Sector B: área propuesta de construcción de la Institución Educativa Inicial 1078

- a) Forestar con especies nativas toda la ladera y con mayor incidencia los bordes de los drenes, esto con el fin de mejorar la estabilidad del terreno, como también evitar los procesos de erosión (cárcavas).
- b) Estabilizar la cárcava, con la finalidad de evitar su avance retrogresivo, esto podría ser mediante uso de trinchos, diques o barreras.

Sector C: Capillapata

- a) En el cuerpo del deslizamiento se debe construir zanjas de drenaje tipo espina de pescado y en la cabecera zanjas de coronación, con la finalidad de evacuar el agua.
- b) Realizar estudios geotécnicos con la finalidad de conocer los métodos más factibles de estabilizar el deslizamiento.
- c) Forestar con especies nativas en toda el área del deslizamiento, con el fin de estabilizar y reducir la infiltración de agua.

- d) Se recomienda el reasentamiento de las viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento.
- e) Monitoreo del deslizamiento, a fin de actuar de manera inmediata ante la posible aceleración del movimiento.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11

8. BIBLIOGRAFÍA

Audebaud, Etienne, (1973) - Geología del Cuadrángulo de Ocongate y sicuani 28-t, 29-t escala 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 25, 72p.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportatión researchs board Special Report 247, p. 36-75.

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

Sánchez, A.; Zapata, A. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Río Picha (25-p), Timpia (25-q), Chuanquiri (26-p), Quillabamba (26-q), Quebrada Honda (26-r), Parobamba (26-s), Pacaypata (27-p), Machupicchu (27-q), Urubamba (27-r), Calca (27-s), Chontachaca (27-t), Quincemil (27-u), Ocongate (28-t), Corani (28-u) y Ayapata (28-v). Escala 1:100 000. INGEMMET, 51 p, 15 mapas.

SENAMHI. (1988). Mapa de clasificación climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Perú, 50pp.

Vilchez, M.; Sosa, N.; Pari, W. & Peña, F. (2020) - Peligro geológico en la región Cusco. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 74, 202 p, 9 mapas.

ANEXO 1: GLOSARIO

Para explicar los eventos de movimientos en masa, tomamos como base la terminología sobre movimientos en masa en la región andina preparado por el grupo Proyecto Multinacional Andino (PMA: GCA, 2007), donde se describen los eventos de movimientos en masa.

Deslizamiento

Un deslizamiento es un movimiento ladero abajo de una masa desprendida del sustrato o de suelo que normalmente ocurre a lo largo de una superficie de falla o de una zona delgada donde ocurre una deformación cortante.

Es rotacional si el movimiento lo hace en una superficie de falla curva y cóncava (figura 17), su forma se caracteriza por tener escarpe principal profundo y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal, la deformación interna de la masa desplazada es usualmente poca, debido al mecanismo rotacional que es auto – deslizante (PMA: GCA, 2007).

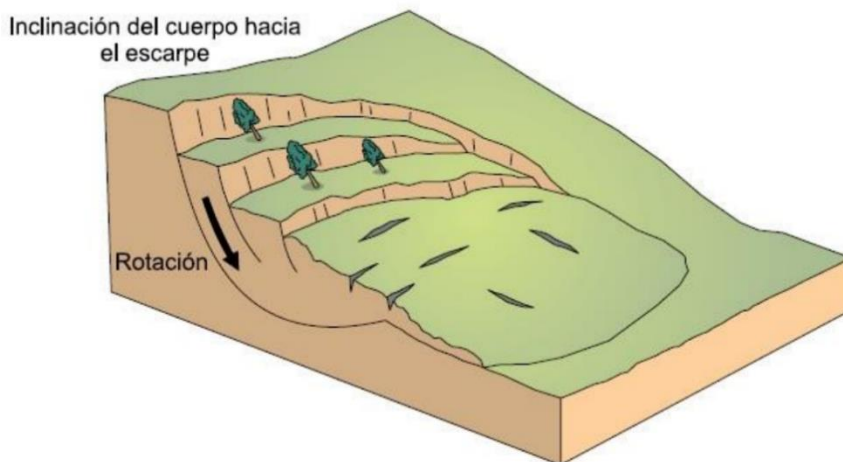


Figura 17. Esquema de un deslizamiento rotacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Es traslacional si el movimiento se da a lo largo de una superficie de falla plana (figura 18) estos movimientos suelen ser más superficiales y su desplazamiento discurre a lo largo de la discontinuidad (PMA: GCA, 2007).

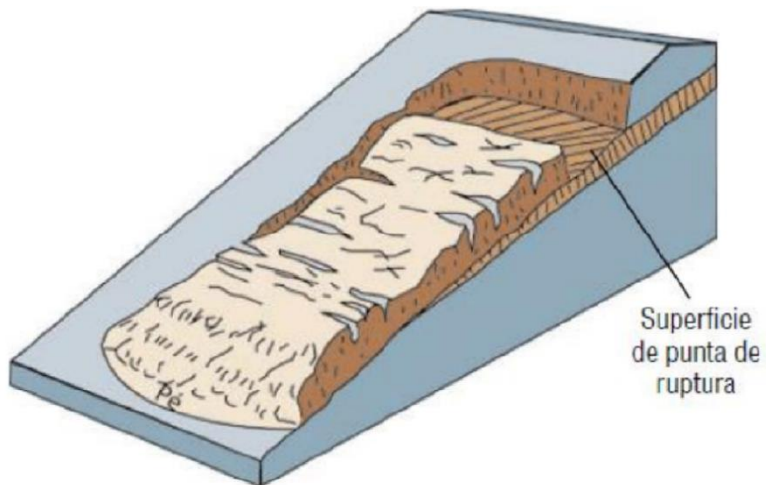


Figura 18. Esquema de un deslizamiento traslacional indicando los rasgos morfológicos característicos.

Caída de rocas

Son movimientos en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera sin que a lo largo de la superficie ocurra desplazamiento cortante, el material cae desplazándose principalmente realizando rodamientos (figura 19) en zonas con pendiente escarpada este movimiento es rápido y a veces extremadamente rápido (PMA: GCA, 2007), además cuando las caídas no tienen una forma definida se le denomina derrumbes.

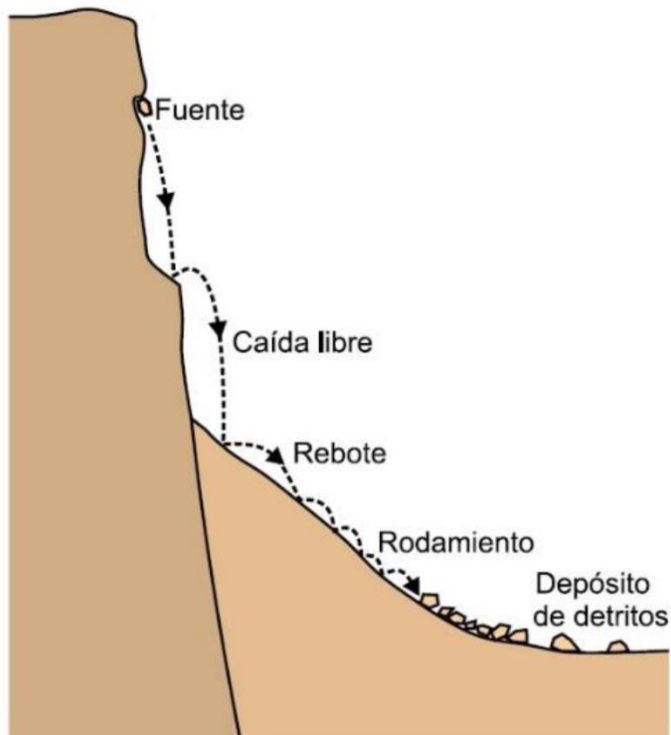


Figura 19. Esquema de caída de detritos en zona de pendientes pronunciadas.

Flujo de detritos

Son movimientos en masa que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes (figura 20). Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (PMA: GCA, 2007).

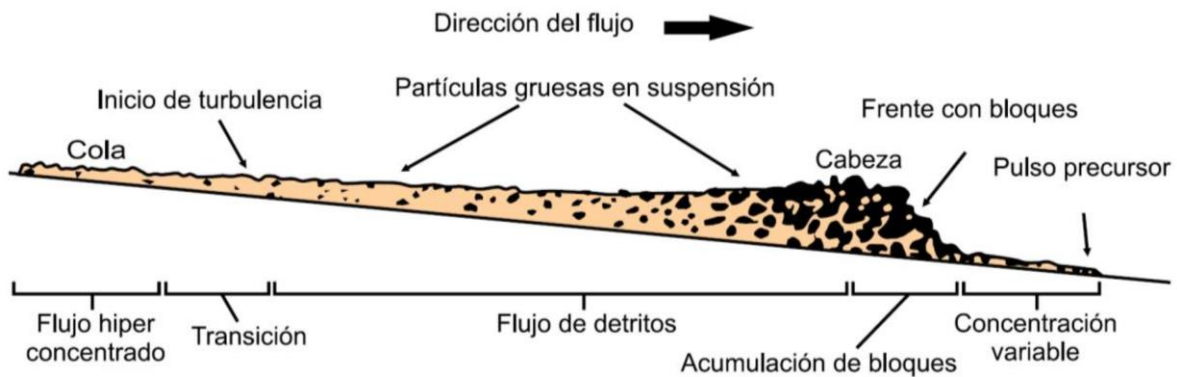


Figura 20. Esquema típico de un flujo de detritos, con bloques en el frente.