

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7174

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

Departamento Pasco
Provincia Pasco
Distrito Yanacancha



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

Equipo de investigación:

Ely Milder Ccorimanya Chalco

Ángel Gonzalo Luna Guillén

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Tejahuasi. Distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco”, Informe Técnico N°A7174, Ingemmet. 35p.

INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. Ubicación	4
1.3.2. Accesibilidad.....	5
1.3.3. Clima.....	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
2.1. Unidades litoestratigráficas	7
2.1.1. Formación Jumasha (Ks-ju).....	7
2.1.2. Formación Pocobamba – Miembro Cacuán (Pp-ca).....	8
2.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd).....	9
2.1.4. Depósito aluvial (Qh-al)	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
3.1. Pendientes del terreno	10
3.2. Unidades geomorfológicas	11
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	11
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional	12
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	14
4.1.1. Deslizamiento rotacional de Yanapampa (Sector Tejahuasi).....	15
4.1.2. Derrumbe antiguo en el sector Tejahuasi.....	17
4.1.3. Reptación de suelos en el cuerpo del deslizamiento rotacional de Yanapampa (Sector Tejahuasi).	17
4.1.4. Caída de rocas en el sector Tejahuasi.....	20
4.2. Factores condicionantes	22
4.3. Factores desencadenantes	23
4.5. Probables daños por los peligros geológicos identificados	23
5. CONCLUSIONES	24
6. RECOMENDACIONES	25
7. BIBLIOGRAFÍA	26



ANEXO 1: MAPAS	27
ANEXO 2: GLOSARIO.....	32
ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	34

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el sector Tejahuasi, que pertenece a la jurisdicción del distrito de Yanacancha, provincia y departamento Pasco. 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 actualización, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada corresponde a rocas de origen sedimentario de la Formación Jumasha y Miembro Cacuán de la Formación Pocobamba. Están conformadas principalmente por calizas fracturadas intercaladas con lutitas de coloración verdosa y conglomerados en matriz arenosa, secuencias de lutitas deleznales de coloración rojiza, respectivamente.

El macizo rocoso se encuentra meteorizado y muy fracturado, es susceptible a generar movimientos en masa. El substrato se encuentra cubierto parcialmente por depósitos recientes donde se observa ocurrencias de reptación.

Los depósitos recientes son de tipo coluvio-deluvial compuestos por fragmentos de roca de formas angulosas a subangulosas, que tienen diámetros comprendidos entre 0.01 a 0.25 m inmersos en matriz limoarcillosa.

Las geoformas identificadas son de origen tectónico-degradacional conformada por montaña modelada en roca sedimentaria, y de carácter depositacional y agradacional de tipo piedemonte coluvio-deluvial formada por depósitos de movimientos en masa.

Los eventos identificados en el sector Tejahuasi corresponden a peligros por movimientos en masa como deslizamiento, derrumbe, caída de rocas y reptación; este último proceso afecta un total de 6 Ha de pastizales, se encuentra sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo, podría afectar un colegio y cincuenta viviendas aproximadamente ubicadas al pie de ladera.

Se considera como principales factores condicionantes a las laderas con pendientes que varían desde fuerte (18°) a muy fuerte (43°); substrato rocoso muy fracturado y depósitos coluvio-deluviales de fácil erosión y remoción. Los factores desencadenantes son lluvias intensas y prolongadas que se presentan en periodo lluvioso, otro factor son los sismos.

El sector evaluado denominado como Tejahuasi, se considera de **peligro muy alto** a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, caída de rocas y reptación, considerando que éste último podría provocar una futura reactivación del deslizamiento rotacional antiguo.

Finalmente, se brinda recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes tomadores de decisiones pongan en práctica en las zonas de estudio con la finalidad de minimizar las ocurrencias de daños que pueden ocasionar los procesos identificados.

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 la Municipalidad distrital de Yanacancha según oficio N°026-2020-MDT/A, es en el marco de nuestras competencias se realizó la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Tejahuasi.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Geólogos Ángel Gonzalo Luna Guillén y Ely Milder Ccorimanya Chalco, para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos el día 19 de mayo del 2021.

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 terrestres y aéreas), 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 Yanacancha y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, 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) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa que se presentan en el sector Tejahuasi, eventos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y factor detonante que influyen en la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos por movimientos en masa identificados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el sector Tejahuasi se tienen:

- A) Dentro de los estudios regionales que incluye el sector de Tejahuasi, se tiene el Boletín N°29, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N°4” realizado por Fidel *et al.*, (2006) en el que considera a la zona como alta y muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (reptación de suelos, derrumbes, desprendimiento o caída de rocas y deslizamientos).
- B) Así mismo, se tiene el Boletín N° 73, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Pasco” elaborado por Luque *et al.*, (2020) donde también considera al sector Tejahuasi en la categoría de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa; además, lo considera como zona crítica (cuadro 1).

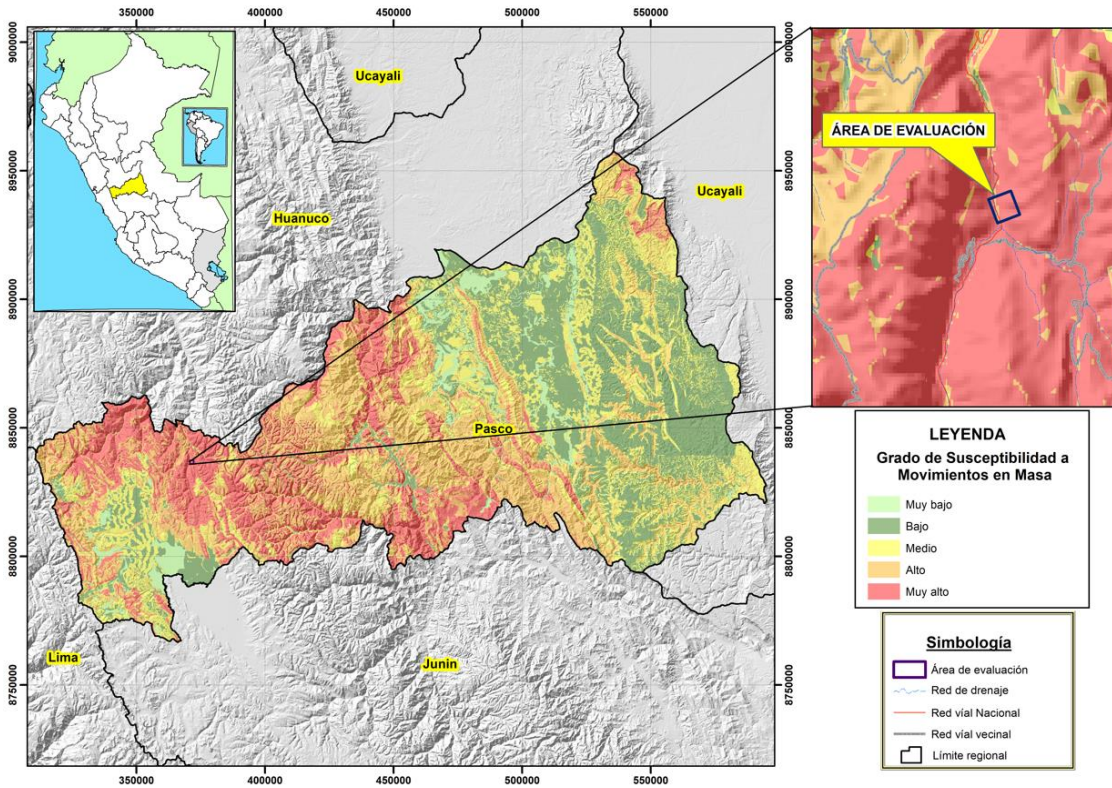


Figura 1: Susceptibilidad por movimientos en masa del sector y alrededores.

Fuente: Luque et al., (2020)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
14. Yanapampa, La Quinua-Candelaria (Yanacancha)	Deslizamientos, erosión fluvial, flujo de detritos, erosión de laderas. El deslizamiento de Yanapampa presenta inestabilidad en los taludes superiores de la carretera, donde se producen pequeños deslizamientos, con saltos de hasta 15 m de alto y afectan unos 350 m, en la ladera media se pueden	Puede afectar viviendas de Yanapampa.	Reforestación de laderas: ubicar y captar aguas mediante canales revestidos; reubicar viviendas agrietadas, sellar mediante pisoneo los agrietamientos que se producen en las laderas

	observar zona de derrumbes, así como también otras escarpas de deslizamientos que se manifiestan con el asentamiento del terreno ladera abajo y la inclinación de postes de transmisión eléctrica. La zona también es afectada por huacos y erosión de laderas en el cerro Maray.		superiores del pueblo
--	---	--	-----------------------

Cuadro 1: Descripción de la Zona Crítica del deslizamiento de Yanapampa.

Fuente: Luque *et al.*, 2020.

- C) Rodríguez *et al.*, (2011) en el Boletín N°144, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco, Escala 1:50,000” describe las estructuras principales y las unidades litoestratigráficas aflorantes. Para el área de trabajo identificó que el macizo corresponde a la Formación Jumasha y al miembro Cacuán de la Formación Pacobamba.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde al sector Tejahuasi, distrito de Yanacancha, provincia y departamento Pasco (Figura 2), se enmarca entre las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S) siguientes (cuadro 2):

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio del sector Tejahuasi.

N°	UTM - WGS84 - Zona 18L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	371279.15	8829129.46	-10.5855°	-76.1765°
2	371172.59	8829744.06	-10.5800°	-76.1775°
3	370298.87	8829573.25	-10.5815°	-76.1855°
4	370411.76	8828940.02	-10.5872°	-76.1845°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	370769.85	8829328.26	-10.5837°	-76.1812°

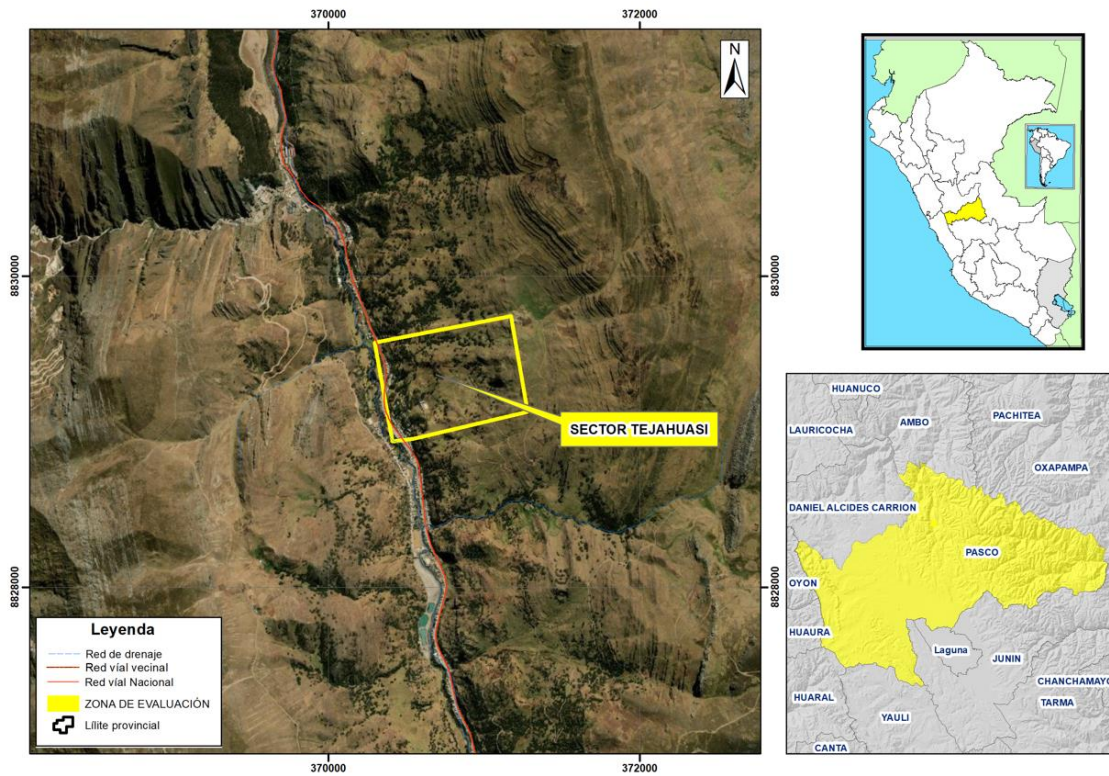


Figura 2. Ubicación del sector Tejahuasi.

1.3.2. Accesibilidad

El acceso por vía terrestre desde la ciudad de Lima hasta el sector de Tejahuasi se sigue la siguiente ruta (ver cuadro 2):

Cuadro 2. Ruta de acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Huánuco	Asfaltada	369.8	8:20 horas
Huánuco – Tejahuasi (Pasco)	Asfaltada	98	2 horas

1.3.3. Clima

La precipitación anual es de 1395 mm. Donde el mes más seco es julio con 31 mm. Mientras el mes con mayor precipitación corresponde a febrero con 209 mm (Figura 3).

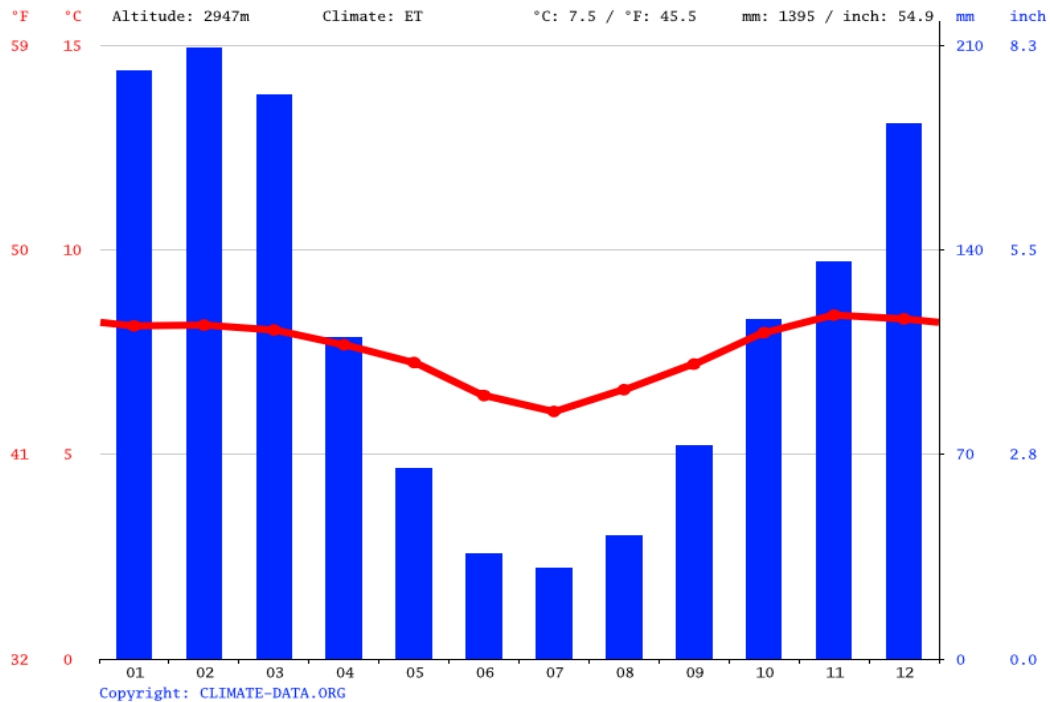


Figura 3: Precipitación y temperaturas promedio mensual.

Fuente: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/peru/pasco/huariaca-987170/>

Cuadro 3. Datos históricos del tiempo anual de Temperatura, precipitación, humedad.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8.1	8.2	8	7.7	7.2	6.4	6	6.6	7.2	8	8.4	8.3
Temperatura min. (°C)	4.6	5	4.9	3.8	2.7	1.1	0.3	0.9	2.3	3.5	3.8	4.5
Temperatura máx. (°C)	12.4	12.2	12.1	12.1	12.1	11.8	11.8	12.4	12.6	13	13.4	12.7
Precipitación (mm)	201	209	193	110	65	36	31	42	73	116	136	183
Humedad(%)	80%	81%	81%	80%	77%	72%	69%	67%	71%	73%	74%	78%
Días lluviosos (días)	21	19	21	19	15	8	7	10	16	19	19	20
Horas de sol (horas)	4.9	4.5	4.2	4.7	5.2	5.7	6.1	6.2	5.5	5.6	5.8	5.2

Fuente: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/peru/pasco/huariaca-987170/>

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), el sector Tejahuasi y alrededores se encuentra en un clima frío, lluvioso, con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda (Figura 4).

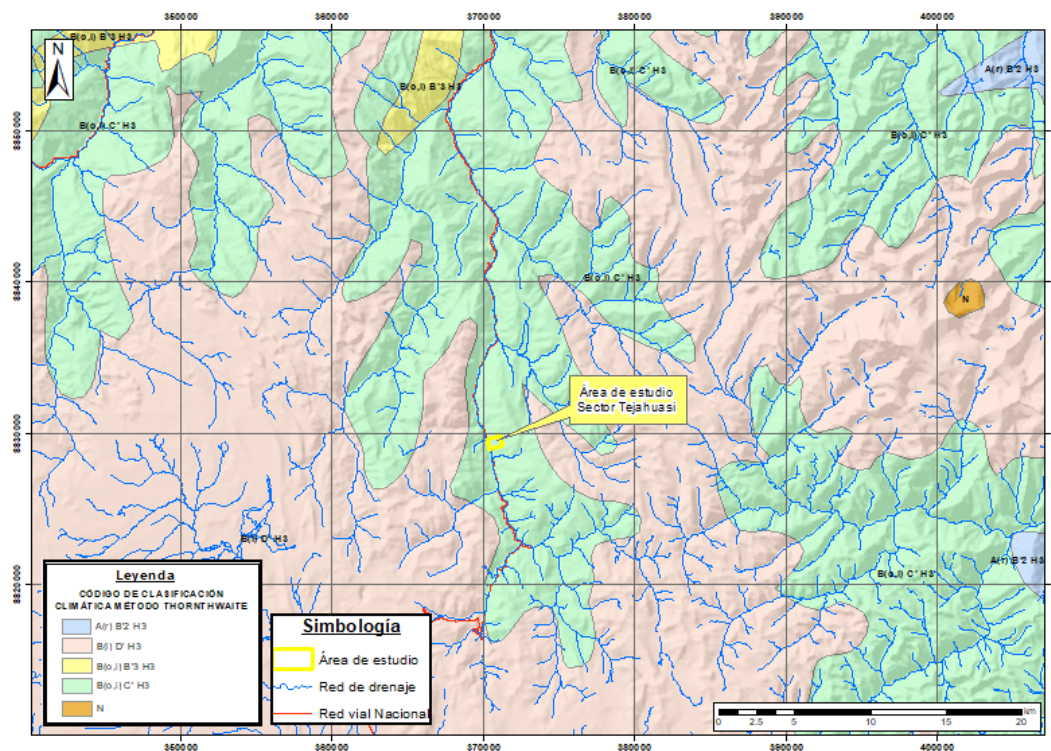


Figura 4: Clasificación climática de Thornthwaite (Senamhi, 2020).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La caracterización geológica se desarrolló teniendo como base la geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k elaborado a escala 1:50,000 por Rodríguez *et al.*, (2011), y 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 evaluada y los alrededores son principalmente de origen sedimentario de la Formación Jumasha y del Miembro Cacuán de la Formación Pocobamba; además, existen depósitos recientes conformados por materiales coluvio-deluvial y aluvial (mapa 01).

2.1.1. Formación Jumasha (Ks-ju).

Litológicamente compuesto por calizas grises y verdosas con intercalaciones de lutitas verdes. Además, el macizo se encuentra intensamente deformado, fracturado y cubierto en algunos sectores por depósitos coluvio-deluviales. El afloramiento ha sido reconocido en el centro poblado San Isidro ubicado en la parte baja del sector Tejahuasi.

Geomecánicamente, se encuentran muy fracturadas, con espaciamentos muy próximas entre si (0.05 a 0.30 m) y aberturas entre (0.1-1.0 mm). Además, las lutitas, se encuentran altamente meteorizadas, Buzamiento 31° noreste, (fotografía 01 y 02).



Fotografía 01. Se observa afloramiento de lutitas verde con calizas muy fracturadas y meteorizadas. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370544 E, 8829454 S



Fotografía 02. Se observa afloramiento de calizas muy fracturadas de la Formación Jumasha. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370651 E, 8828410 S.

2.1.2. Formación Pocobamba – Miembro Cacuán (Pp-ca).

El Miembro Cacuán de la Formación Pacobamba está compuesto hacia la base por conglomerados con clastos subangulosos a subredondeados de diferente composición tales como areniscas y calizas con clastos que van de 1 cm a 15 cm y hacia el tope por areniscas, lutitas deleznales de coloración rojizas, blancos y violáceos con Rumbo N332° y Buzamiento 24°. (Fotografía 03 y 04).



Fotografía 03. Se observa afloramiento de conglomerados con clastos de diferente composición como areniscas y calizas, presentan bloques desprendidos susceptibles a caídas. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370878 E, 8829403 S.



Fotografía 04. Se observa afloramiento de lutitas deleznales de coloración rojiza, presenta erosión en surcos. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370897 E, 8829122 S.

2.1.3. Depósito coluvio-deluvial (Q-cd).

Agrupación de depósitos de origen gravitacional, acumulado en la vertiente o márgenes del valle; constituye escombros de laderas que cubren parcialmente a los afloramientos de las formaciones Jumasha y Pocobamba.

En la zona de estudio, se originó por eventos de deslizamientos antiguos y pequeños derrumbes. Está conformado por materiales gruesos de naturaleza heterogénea y heterométrica, bloques subredondeados a subangulosos de composición lutitas,

areniscas, clastos calcáreos inmersa en una matriz limoarcillosa. Sobre esta unidad, de naturaleza poco consolidado, se desarrolla procesos de reptación (Fotografía 5).



Fotografía 5. Depósito coluvial ubicado en el cuerpo del deslizamiento antiguo. Fotografía tomada con vista hacia el este,

2.1.4. Depósito aluvial (Qh-al)

Estos depósitos han sido reconocidos en ambas márgenes del río Huallaga formando pequeñas terrazas. Está conformado principalmente de gravas y bloques subredondeados a redondeados soportado en matriz arenolimososa.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa (formadores de las geoformas de carácter deposicional o agradacional), ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, actúa como factor condicionante y dinámico en la generación de movimientos en masa.

En el mapa 02, se presenta el mapa de pendientes para el sector Tejahuasi, elaborado en base a la información del modelo de elevación digital Alos paltar de 12.5 m de resolución), donde se presentan con mayor predominio laderas con pendientes fuertes (15° - 25°) a pendientes muy fuertes (25° - 45°).

Específicamente el escarpe principal del deslizamiento antiguo se encuentra en el rango de pendientes muy fuerte (25° a 45°), las zonas de derrumbes antiguos corresponden a pendientes fuertes (15° - 25°) y las zonas de reptación de suelos presenta pendientes moderados entre 5° a 15°. Este rango de pendientes es el

resultado de una intensa erosión y desgaste de la superficie terrestre, cuyas características principales se describen en el siguiente cuadro 4.

Cuadro 4. Rango de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTES		
Pendiente	Rango	Descripción
0°-1°	Llano	Comprende terrenos planos de las zonas de altiplanicie, extremos más distales de abanicos aluviales, terrazas, llanuras de inundación fondos de valle.
1°a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies, también en terrazas aluviales y planicies.
5°a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de las montañas, a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes. En la zona de estudio sobre este rango de pendientes ocurren los procesos de reptación de suelos.
15°a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las montañas. En este rango se ubica el cuerpo del deslizamiento rotacional antiguo.
25°a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de montañas sedimentarias. En este rango de pendientes se encuentra el escarpe principal del antiguo deslizamiento.
>45°	Muy escarpado	En el área de estudio no se observa este rango de pendientes muy escarpado.

Fuente: Ingemmet, 2017.

3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (mapa 03), se realizó utilizando el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve (geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional o geoformas de carácter depositacional y agradacional).

Asimismo, para la delimitación de las subunidades geomorfológicas, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (substrato rocoso y depósitos superficiales); sin embargo, se dio énfasis en la diferenciación de los depósitos recientes.

3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Están representadas por las formas de terreno resultados del efecto progresivo de procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

3.2.1.1. Unidad de montañas

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza. Se encuentran conformadas por alineamientos alargados constituidos principalmente de rocas sedimentarias. Dentro de esta unidad se tiene la siguiente subunidad.

Subunidad de montaña en rocas sedimentarias (RM-rs): Corresponde a relieve moldeado sobre roca sedimentaria; debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de 18° a 43° considerado como pendiente fuerte a muy fuerte. Geodinámicamente se encuentra asociado a movimientos en masa de tipo derrumbes y deslizamientos (Figura 5).



Figura 5. Subunidad de montaña en roca sedimentaria, figura con vista hacia el oeste de la zona de estudio.

3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores. Se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1. Unidad de piedemonte

Corresponde a la acumulación de material muy heterogéneo, constituidos por bloques, cantos, arena, limos, arcillas poco consolidadas, estos generalmente se encuentran en las laderas y piedemontañas.

Subunidad de Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial (V-cd): Agrupa depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos de las Formaciones Jumasha y Pocobamba (Figura 6).

Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones de depósitos de vertiente con taludes de pendiente entre moderado (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°). Se les encuentra como capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y angulosos. Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas inestables, originadas por procesos de movimientos en masa (derrumbes, deslizamiento y caída de rocas), así como también por la acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de laderas.

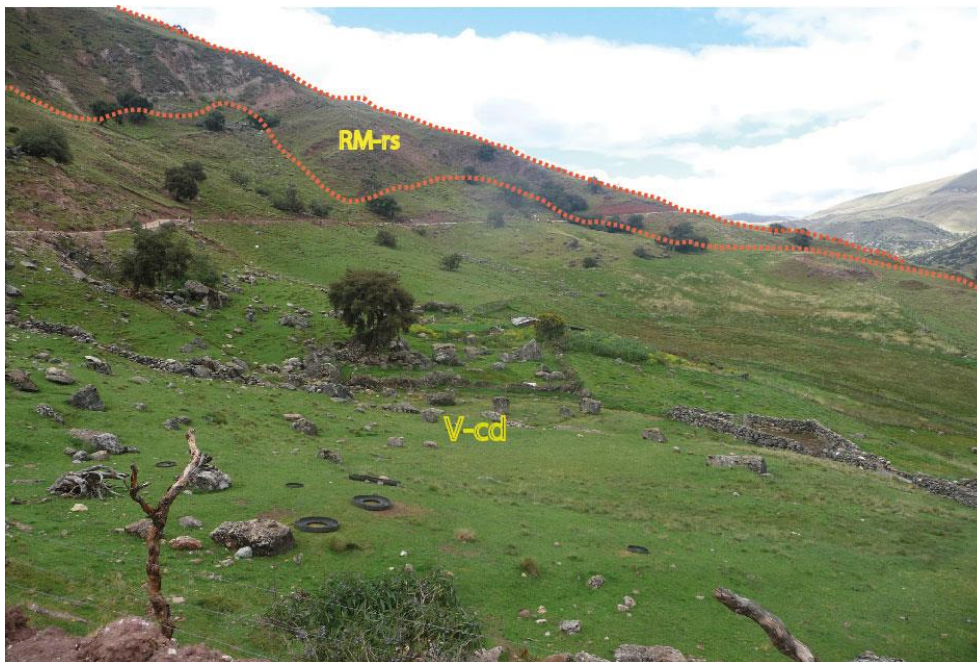


Figura 6. Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd), figura con vista hacia el sur de la zona de estudio, corresponde al cuerpo del deslizamiento antiguo.

Subunidad de Vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Corresponde a planicies inclinadas y extendidas, ubicadas en el pie de los sistemas montañosos, son acumulaciones de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, pueden formar abanicos en las desembocaduras de los ríos. Estos depósitos presentan pendientes bajas a medias. (Figura 7).

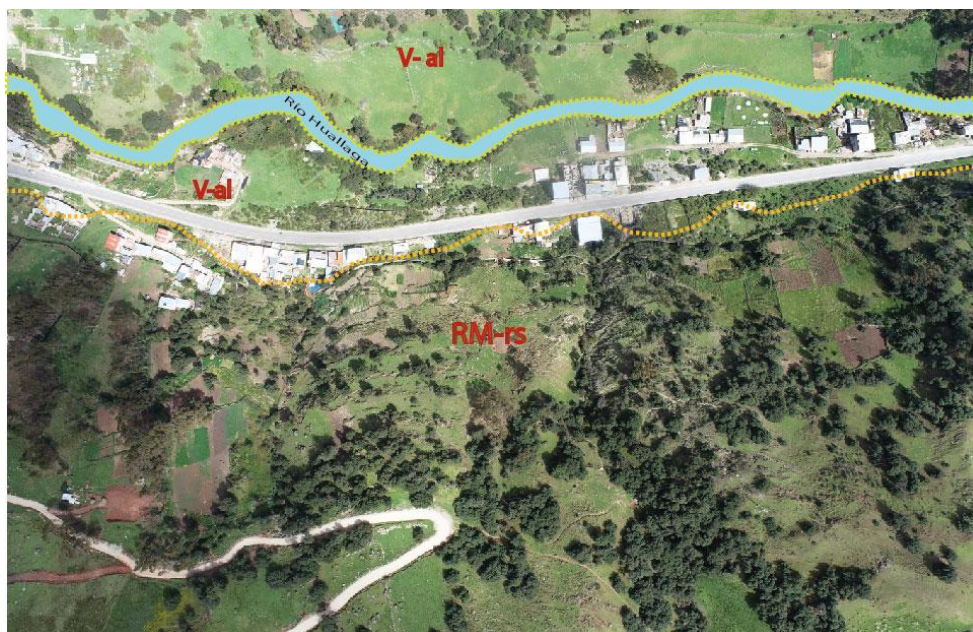


Figura 7. Imagen tomada por el dron, se observa las subunidades enmarcadas como vertiente aluvial (V-al) y Montaña en roca sedimentaria (RM-rs) en el sector Tejahuasi.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el sector evaluado corresponden a movimientos en masa de tipo caídas (derrumbes, caída de rocas), deslizamiento (deslizamiento rotacional) y reptación de suelos, los cuales se muestran en el Mapa 04. 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, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que 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 o desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambiando el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

La caracterización de los eventos geodinámicos se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo en donde se identificaron movimientos en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica, basado en la observación y descripción morfométrica in situ.

En los trabajos de campo se realizaron toma de datos con GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.31 y 0.078 cm por pixel respectivamente. Esta información se complementó con el análisis de imágenes de satélite.

En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.1.1. Deslizamiento rotacional de Yanapampa (Sector Tejahuasi)

Se identificó un deslizamiento rotacional antiguo, ubicado en la margen derecha del río Huallaga (Figura 8); sobre su masa deslizada o cuerpo, se observó evidencias de derrumbes, caída de rocas y reptación; los mismos que se describen en los ítems 4.1.2, 4.1.3 y 4.1.4.

CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

El deslizamiento antiguo en el Sector Tejahuasi presenta las siguientes características y dimensiones:

- Estado de la actividad del movimiento: Inactivo-latente.
- Tipo de deslizamiento: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada, semicircular.
- Superficie de rotura: cóncava
- Longitud de la escarpa principal: 350 m.
- Distancia entre escarpa y pie: 750 m.
- Salto de escarpe principal: 100 m (Figura 9).

Dentro del cuerpo del deslizamiento antiguo se observaron ocurrencias de reptación y bloques con diámetros de hasta 1.50 m.

Adicionalmente, se observó un bofedal, ubicado en masa deslizada, el cual discurre directamente hacia los pastizales. Los cuales son empleados para pastar animales (ovejas).

También, se observó canales improvisados sin revestimiento, por donde discurre agua permanentemente, estos se encuentran en el borde de la vía afirmada y por el cuerpo de la masa del deslizamiento antiguo.

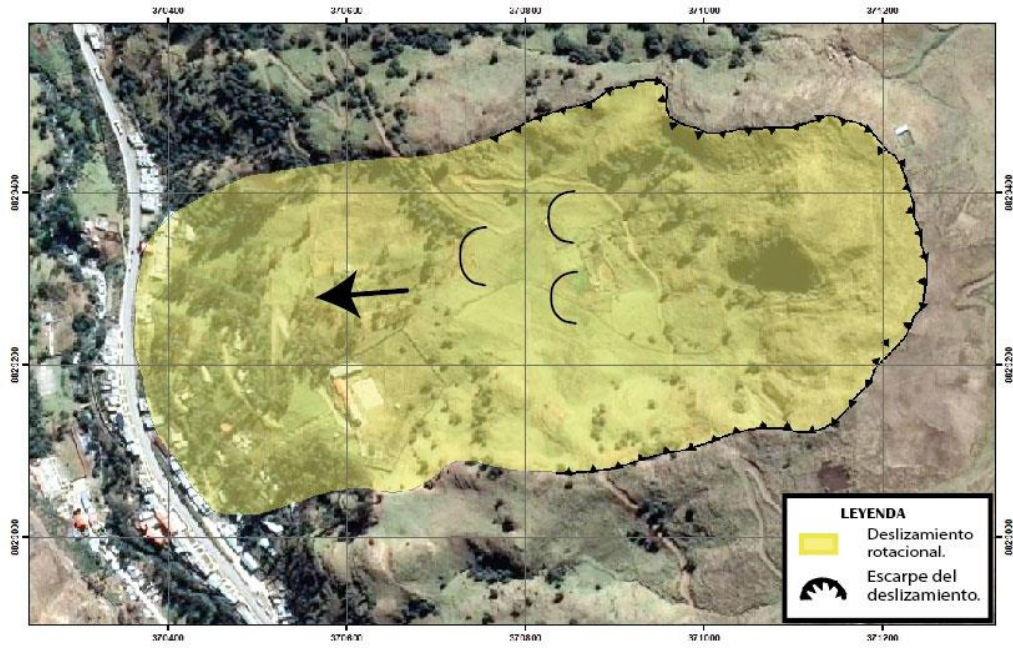


Figura 8. Se observa deslizamiento rotacional antigua. Con coordenadas centrales UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370769.85 E, 8829328.26 S.

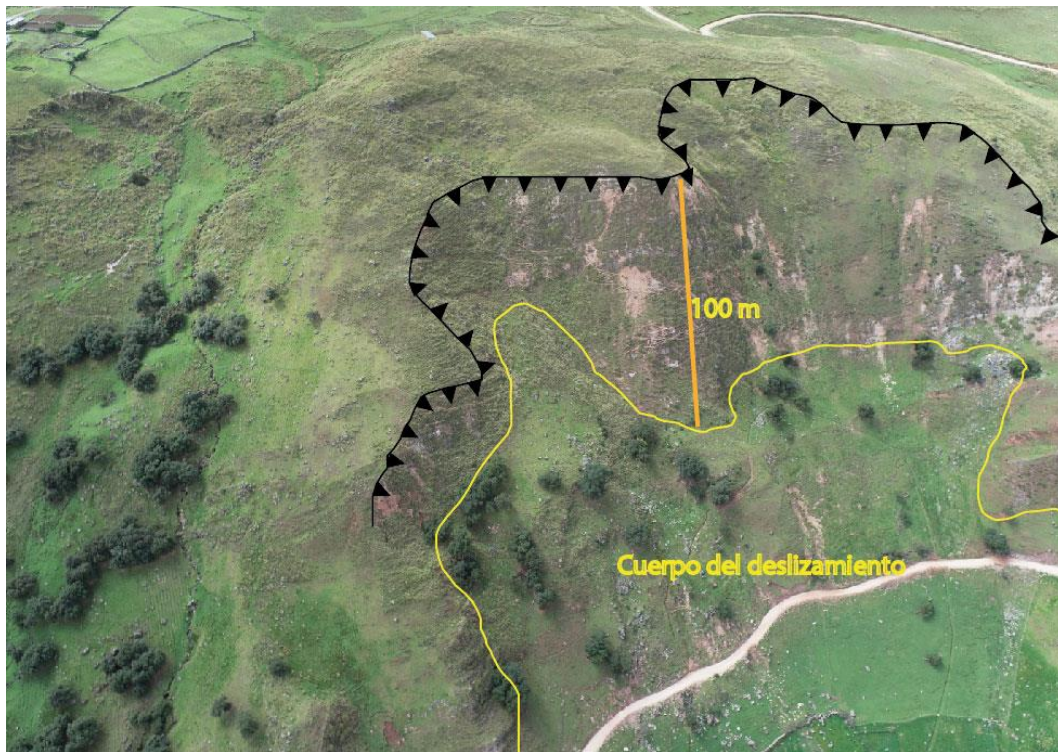


Figura 9. Se observa el escarpe principal con un salto de 100 m. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 371030.79 E, 8829335.88 S.

4.1.2. Derrumbe antiguo en el sector Tejahuasi.

Se observó evidencias de procesos de movimientos en masa de tipo derrumbes antiguos (Figura 10), que se encuentran en el lado derecho del deslizamiento antiguo. Uno de los factores, es el corte de talud realizado para la construcción de carretera que conecta los centros poblados San Isidro de Yanapampa y Maray.

CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Los derrumbes antiguos presentan las siguientes características y dimensiones:

- Ancho promedio de las zonas de arranque: 70 m.
- Forma de la superficie de rotura: irregular alargada
- Diferencia de altura aproximada de la zona de arranque al pie de la masa desplazada: 40 m hasta 400 m.



Figura 10. Resaltado de color “rojo vino”, se observa derrumbes antiguos ubicado lado derecho del deslizamiento rotacional antiguo. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370861.36 E, 8829445.19 S.

4.1.3. Reptación de suelos en el cuerpo del deslizamiento rotacional de Yanapampa (Sector Tejahuasi).

Los procesos de reptación se refieren a aquellos movimientos lentos 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 o

denominarse verdadera cuando hay desplazamiento relativamente continuo (con o sin presencia de lluvias) (Vilchez *et al.*, 2019).

En el sector Tejahuasi, la reptación se ha identificado específicamente en el cuerpo del antiguo deslizamiento; la ocurrencia se debe al tipo de suelo (coluvio-deluvial con matriz limo-arcillosa) saturado por aguas que discurre por canales no impermeabilizados, los mismos que son utilizados para el riego de pastos.

CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Presentan las siguientes características y dimensiones:

- Presencia de terrenos ondulados.
- Árboles inclinados y en algunos casos incluso arrancados de raíz.
- Agrietamientos de aperturas < 10 cm.
- Escarpes de salto de terreno que va desde los 0.10 a 1 m.
- Generalmente estos procesos se observan con mayor actividad por encima del corte de talud realizado para la construcción de la carretera afirmada que conecta los centros poblados de San Isidro de Yanapampa y Maray.

La evidencia de este movimiento se observa en las fotografías 6, 7, 8 y figura 11.



Fotografía 6. Se observa reptación de suelos con escarpes múltiples con un suelo saturado y un canal de agua no impermeabilizado que circula por la cuneta de la carretera el cual desestabiliza el talud. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370844 E, 8829412 S



Fotografía 7. Se observa reptación con saltos de escarpes que van desde 20 a 35 cm y árboles inclinados. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370541 E, 8829476 S.



Fotografía 8. Se observa reptación con vista notable de una superficie ondulada. En la parte alta se encuentra situada una institución educativa el cual no presenta algún daño o afectación. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370539.99 E, 8829138.89 S.



Figura 11. Se observa reptación con escarpe enmarcados en líneas amarillas con saltos de hasta 45 cm. Coordenadas UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370538 E, 8829135 S.

4.1.4. Caída de rocas en el sector Tejahuasi.

Se observa procesos de caída de rocas en el flanco oeste del cerro Maray, donde el macizo rocoso se presenta muy fracturado (con tipo de rotura mixta). La zona de arranque de este movimiento en masa es irregular y discontinua. Los bloques rodados muestran diámetros que varían entre 0.50 a 2.30 m (figura 12).

Asimismo, ante la caída de rocas se encuentran expuestos pobladores que pastan sus ovinos en el lugar, vehículos que circulan por la vía afirmada (ver fotografía 9 y figura 13).



Figura 12. Muestra la zona de caída de grandes rocas de conglomerado ubicados en el cuerpo del deslizamiento antiguo con diámetros desde 0.50 a 2.30 m.



Fotografía 9. Se observa bloque de roca conglomerádica rodada con 2.10 m de diámetro ubicado en el talud superior de la carretera.



Figura 13. Bloque rodado de composición conglomerado con 1.50 m de diámetro ubicado sobre la carretera. Coordenada UTM, zona 18s; Datum WGS 84: 370897 E, 8829122 S.

4.2. Factores condicionantes

Factor litológico-estructural

- Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio están conformadas principalmente por rocas sedimentarias, constituidas por conglomerados, calizas intercaladas con lutitas, los cuales se encuentran muy fracturados y meteorizados.
- Los depósitos coluvio-deluviales. Está conformado por materiales gruesos de naturaleza heterogénea y heterométrica, clastos, bloques subredondeados a subangulosos compuestos de lutitas, areniscas, clastos calcáreos inmersa en una matriz de limo-arcillosa; presentan poca compactación, muy inestables cuando son sometidos a la saturación de agua, son de fácil erosión y remoción ante lluvias intensas y prolongadas.
- Los factores condicionantes para la ocurrencia de caída de rocas en el sector Tejahuasi son: afloramiento de conglomerados muy fracturadas, laderas con pendientes muy fuerte (25°-45°).

Factor geomorfológico

- Configuración geomorfológica del área (montaña en roca sedimentaria y vertiente coluvio-deluvial).

4.3. Factores desencadenantes

- El factor desencadenante para la ocurrencia de los peligros geológicos por movimientos en masa en el sector Tejahuasi, son las lluvias intensas prolongadas y/o extraordinarias que ocurren entre los meses de diciembre a marzo.

4.4. Factores antrópicos

- Canales de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente que drenan de los bofedales y manantes captados, lo que podría estar generando la saturación del terreno en la zona.

4.5. Probables daños por los peligros geológicos identificados

- Deslizamiento rotacional antiguo.
 - En caso de reactivación del deslizamiento antiguo podría afectar una longitud de 500 m de carretera afirmada que conecta los centros poblados San Ignacio de Yanapampa y Maray y más de 50 viviendas ubicadas al pie de la ladera.
- Reptación.
 - Afecta un aproximado de 6 hectáreas de pastizales.
 - Podría afectar la infraestructura física del colegio que se ubica en el cuerpo del deslizamiento antiguo.
- Caída de rocas en el sector Tejahuasi:
 - Podría afectar directamente a la población, ganado ovino y vehículos que transitan por la zona.

5. CONCLUSIONES

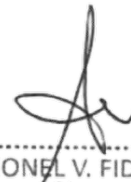
- a) Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio están conformadas por rocas sedimentarias que corresponden a la Formación Jumasha constituida por calizas grises y verdosas con intercalaciones de lutitas de coloración verdosa y Formación Pocobamba (Miembro Cacuán) constituida por conglomerados con matriz arenosa y estratos de lutitas deleznable de coloración rojiza, los cuales se encuentran muy fracturados y altamente meteorizadas de fácil erosión y susceptibles a generar movimientos en masa, cubiertos por depósitos coluvio-deluviales..
- b) La geomorfología local está representada por subunidades de montañas en rocas sedimentarias con pendiente del terreno que varían entre fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°) y geoformas de piedemonte con pendientes moderadas (5° - 15°) que son aprovechados como terrenos de pastizal y de cultivo.
- c) Los peligros geológicos identificados en el sector de Tejahuasi son:
 - Un deslizamiento rotacional antiguo con un escarpe principal de 100 m, que presenta distancia del escarpe al pie del deslizamiento con 750 m de, con dirección de deslizamiento NE-SW, ubicado en la zona alta del centro poblado San Ignacio de Yanapampa.
 - Derrumbes antiguos ubicados en el lado derecho del deslizamiento antiguo.
 - caída de rocas proveniente del flanco oeste del cerro Maray donde el macizo rocoso se presenta muy fracturado (con tipo de rotura mixta). La zona de arranque de este movimiento en masa es irregular y discontinua. Los bloques rodados de diámetro varían entre 0.50 a 2.30 m
 - Las áreas de pastizales ubicados en el cuerpo del deslizamiento antiguo (6 hectareas aproximadamente), presentan terrenos ondulados con agrietamientos de aperturas < 10 cm y saltos < 1 m, se observan también árboles inclinados que evidencian la reptación de suelos en este sector..
- d) Las áreas de reptación de suelos en la zona de estudio pueden ser precedentes a movimientos de masa más rápidas como deslizamientos, provocando así la reactivación del deslizamiento antiguo, debido a la deformación acumulada durante años que lleve a la masa de suelo al límite de resistencia.
- e) Las causas que originaron los fenómenos de reptación en el cuerpo del antiguo deslizamiento de Yanapampa en el sector Yejahuasi fueron:
 - Saturación del suelo poco consolidado (depósito coluvio-deluvial), que ocasiona la pérdida de su cohesión interna.
 - Humedad excesiva, por las infiltraciones de agua proveniente de lluvia, ojos de aguas subterráneas.
 - Canales de drenaje no impermeabilizados, que permite la filtración de agua al terreno.
- f) De acuerdo con las condiciones actuales de inestabilidad en el cuerpo del deslizamiento antiguo de Yanapampa, debido a la presencia de suelos saturados, con presencia de grietas abiertas paralelas en el cuerpo desplazado, esta zona se considera de **peligro muy alto**, principalmente frente a la presencia de lluvias periódicas prolongadas y/o extraordinarias y por efectos cosismicos.

6. RECOMENDACIONES

- a) No construir infraestructura o viviendas en las zonas definidas y delimitadas como susceptibles a la ocurrencia de peligros por movimiento en masa, estas áreas están clasificadas como zonas de **peligro muy alto** por ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- b) Realizar la captación y la derivación de las aguas de manantiales que se encuentran dentro del cuerpo del deslizamiento de Yanapampa; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos hacia cauces naturales (quebradas), ubicados a ambos márgenes del deslizamiento.
- c) Implementar métodos de riego tecnificado para los terrenos de cultivo, así mismo prohibir el riego por gravedad.
- d) Realizar monitoreo visual y constante de los procesos de reptación para verificar el avance y evolución de este evento, especialmente en temporadas de lluvias prolongadas y/o extraordinarias.
- e) Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos debido a que, el desarrollo de esta vegetación contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- f) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de riesgo.



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

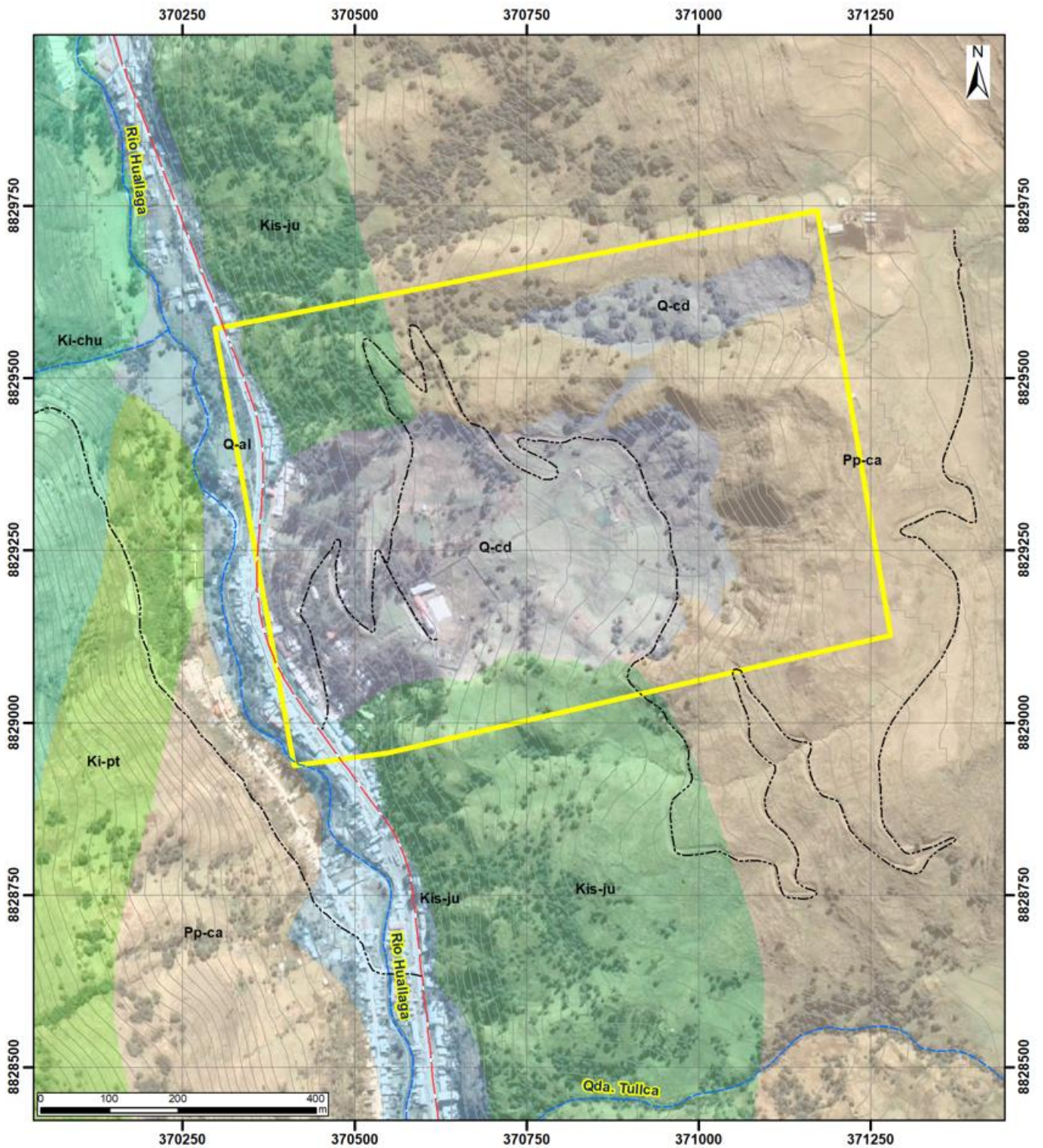


.....
Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

7. BIBLIOGRAFÍA

- Boletín N°29, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N°4” (Fidel et al, 2006). 388 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/263>
- Boletín N°73, serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica: “Peligro Geológico en la Región Pasco” (Luque et al, 2020). 202p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2563>
- Boletín N°144, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco, Escala 1:50,000” (Rodríguez., Cueva & Carlotto, 2011). 160p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/106>
- Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cerro de Pasco (22-k) – Cuadrante I, Escala 1:50,000 (Rodríguez, 2003). 19p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2148>
- Informe técnico: “Zonas críticas por peligros geológicos en la Región Pasco – Primer reporte” (Luque & Rosado, 2013). 59p.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2014>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2020) – SENAMHI. (consulta: julio 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- Servicio Pagina web, climas Perú, mediante servicio meteorológico CLIMATE, dispuesta en el siguiente enlace. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/pasco/huariaca-987170/>

ANEXO 1: MAPAS



Simbología

- Red_vial_vecinal
- Red_vial_Nacional
- Drenaje
- Área_estudio
- Curvas_de_nivel

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICO	SÍMBOLO	COLOR	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito aluvial	Q-al		Depósitos con clastos subredondeados de diferente composición y matriz areno limosa.
			Depósito coluvio-deluvial	Q-cd		Depósito con clastos subangulosos de composición lutitas, areniscas envueltas en una matriz limosa
	PALEOGENO	PALEÓCENO	Fm. Pocobamba Miembro Cacúan	Pp-ca		Areniscas lutitas rojas y conglomerados con clastos de calizas.
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	Fm. Jumasha	Ks-ju		Calizas grises y verdosas con intercalaciones de lutitas verdes.
			Fm. Pariatambo	Ki-pt		Areniscas y lutitas rojas con algunas intercalaciones de conglomerados y lavas andesíticas.
		Inferior	Fm. Chulec	Ki-chu		Calizas y dolomitas en la base color gris sin chert, también presentan esporádicas intercalaciones de lutitas negras.

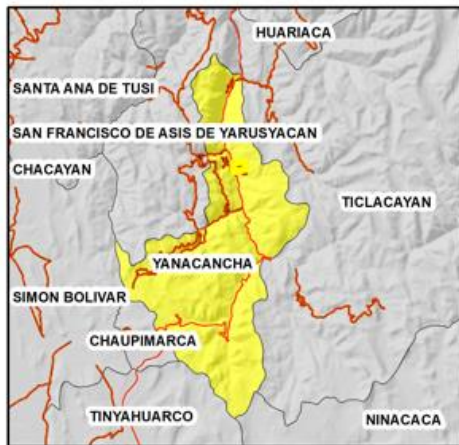
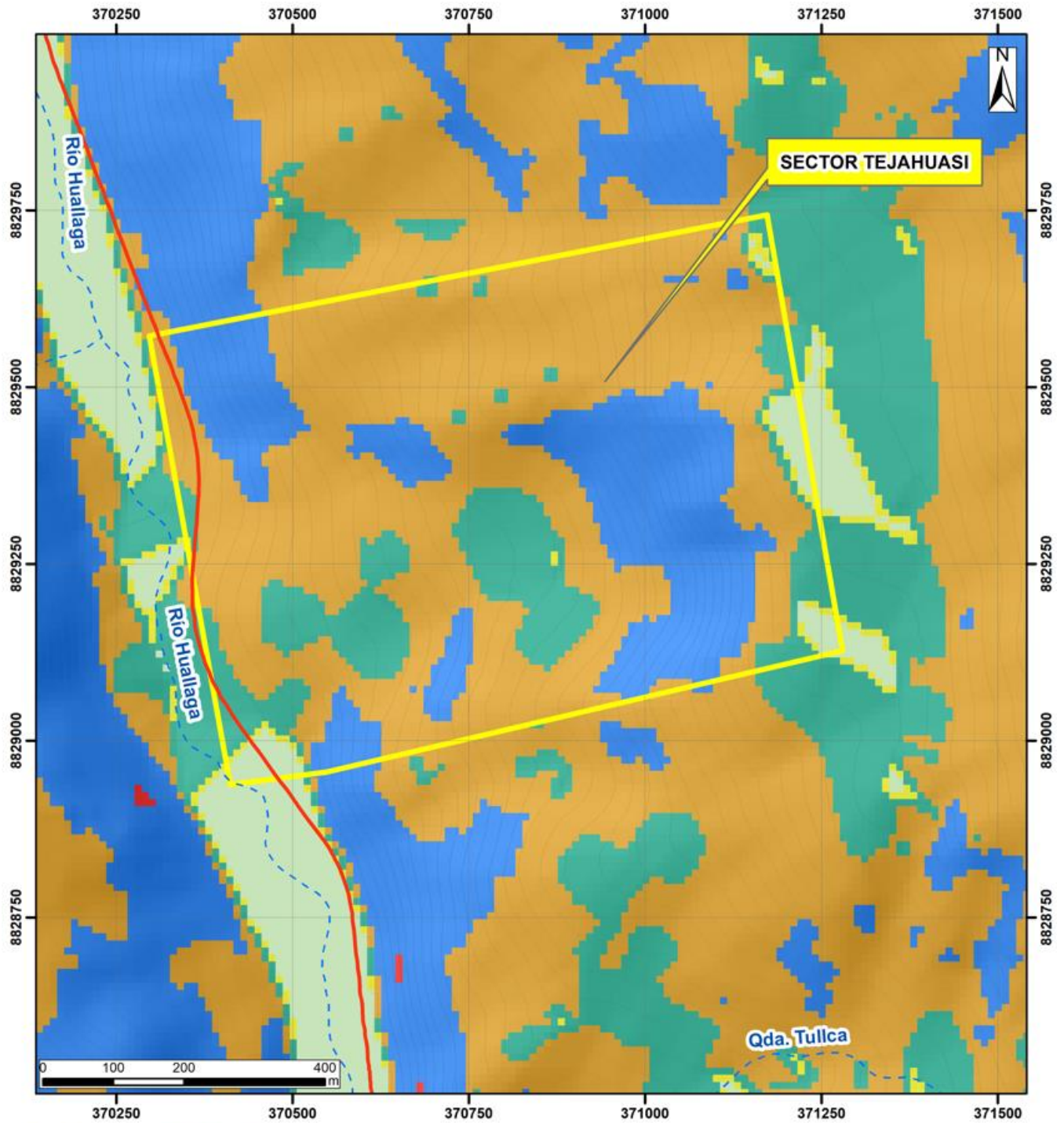
INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Pasco
Provincia Pasco
Distrito Yanacancha
Sector Tejahuasi

MAPA GEOLÓGICO DEL SECTOR TEJAHUASI

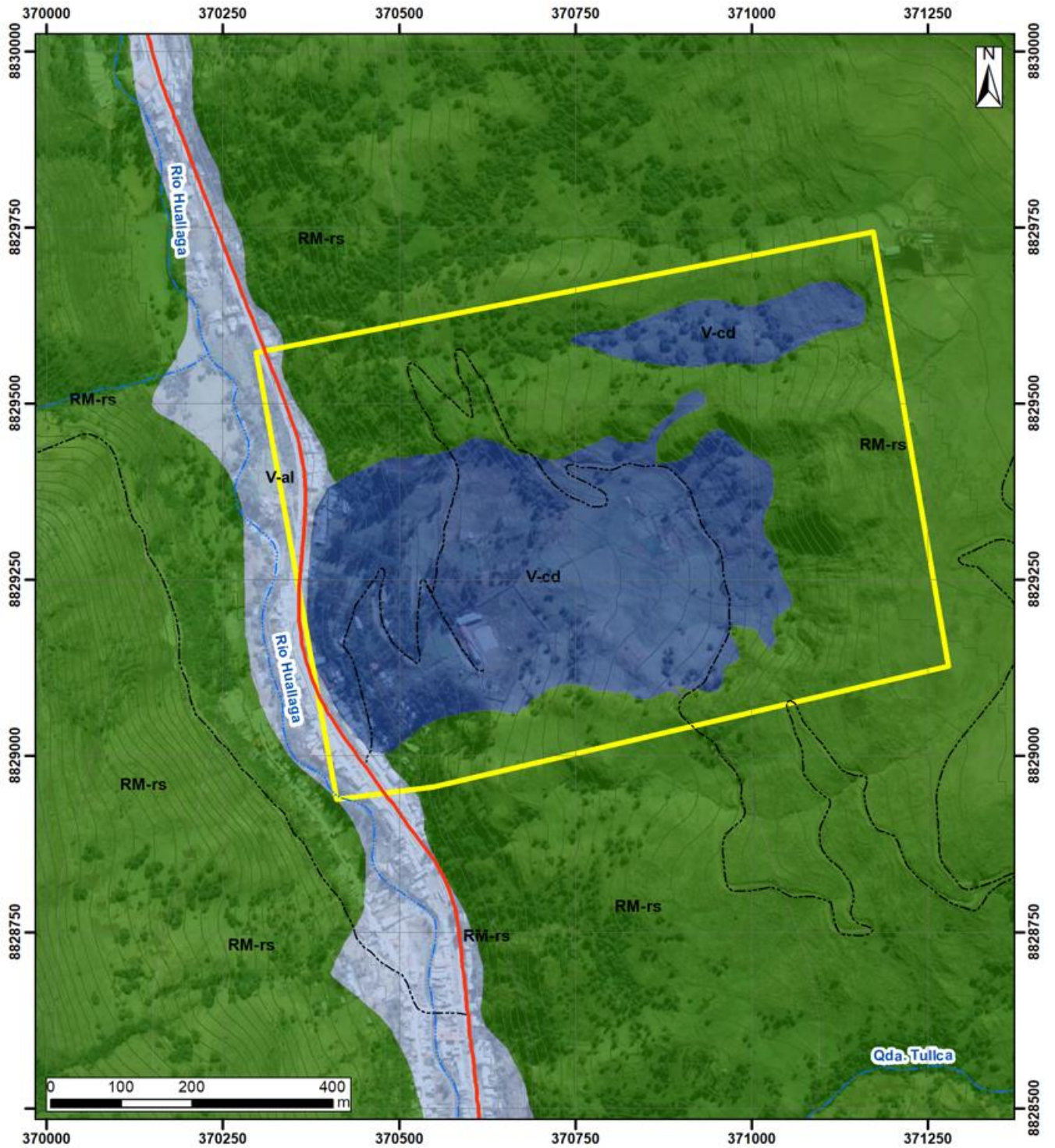
Escala: 1/7500	MAPA 01
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2021	Impreso: Agosto 2021



Leyenda	
	Red de drenaje
	Red vial Nacional
	ZONA DE EVALUACIÓN
	Límite distrital
	Curvas de nivel

RANGO DE PENDIENTES	
	0°-1° Llano
	1° - 5° Inclinación suave
	5°-15° Moderado
	15-25° Fuerte
	25°-45° Muy fuerte
	> 45° Muy escarpado

 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO	
Región Pasco Provincia Pasco Distrito Yanacancha Sector Tejahuasi	
MAPA DE PENDIENTES DEL SECTOR TEJAHUASI	
Escala: 1/7500	MAPA 02
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84
Versión digital 2021	Impreso: Agosto 2021



Simbología	
--- Red vial vecinal	Área estudio
~ Drenaje	Curvas de nivel
— Red vial Nacional	

UNIDAD	SUB UNIDAD	ETIQUETA	TRAMA
Montañas	Montaña en roca sedimentaria	RM-rs	
Piedemonte	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd	
	Vertiente o piedemonte aluvial	V-al	

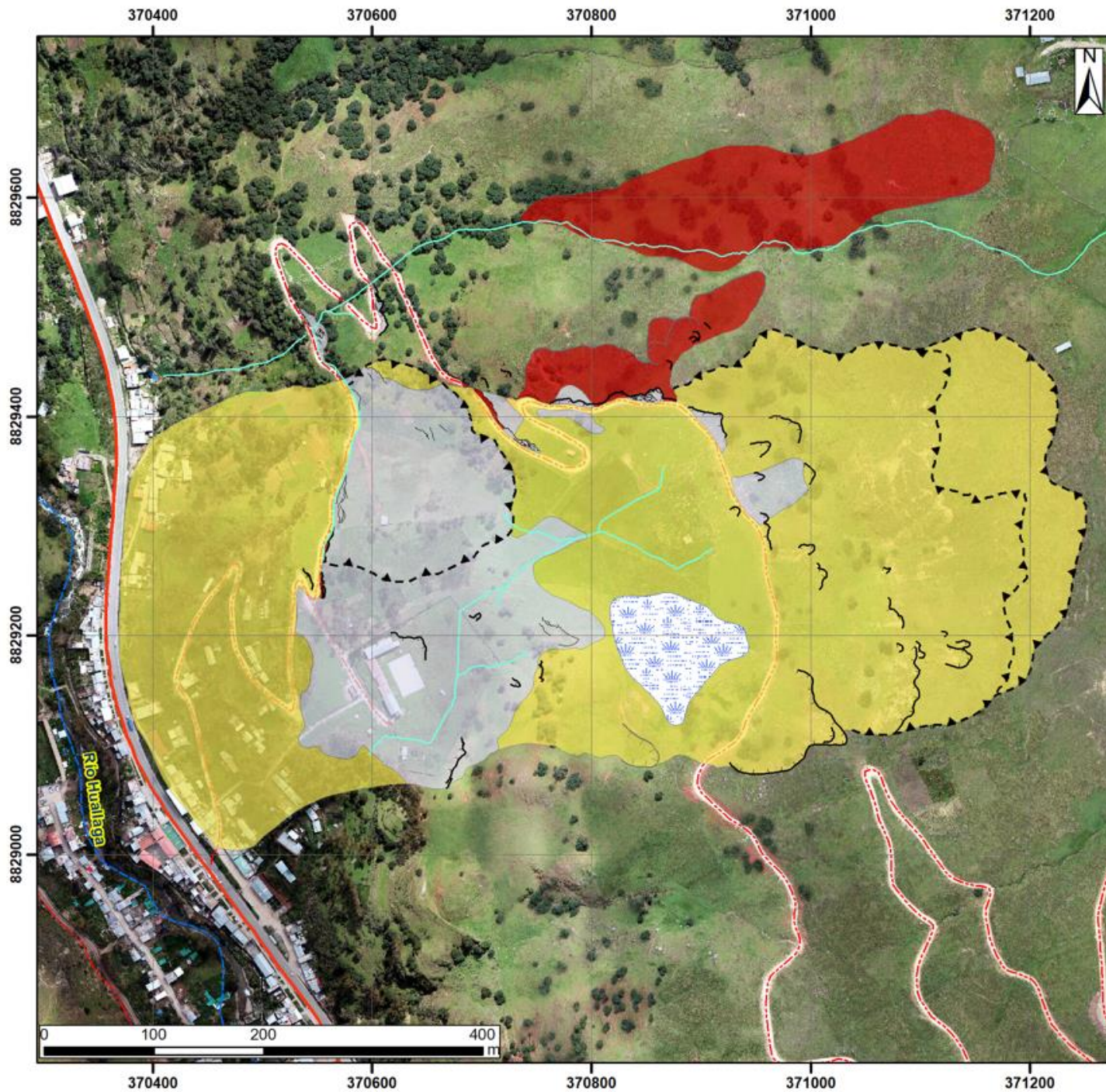

 INSTITUTO GEOGRÁFICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Pasco
 Provincia Pasco
 Distrito Yanacancha
 Sector Tejahuasi

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL SECTOR TEJAHUASI

Escala: 1/7500	MAPA 03
Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84	
Versión digital 2021 Impreso: Agosto 2021	



LEYENDA

Peligros geológicos (Sub-Tipo)

- Derrumbe antiguo
- Deslizamiento rotacional antiguo
- Reptación de suelos

Simbología

- Escarpe de derrumbe antiguo
- Escarpe de deslizamiento antiguo
- Escarpe de reptación de suelos
- Vía vecinal
- Red vial Nacional
- Red de drenaje
- Puntos de control
- Canales
- bofedales

INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Región Pasco
Provincia Pasco
Distrito Yanacancha
Sector Tejahuasi

MAPA DE PELIGROS DEL SECTOR TEJAHUASI

Escala: 1/5000	MAPA
Proyección: UTM Zona 18 Sur	04
Fecha: Versión digital 2021	Impreso: Agosto 2021

ANEXO 2: GLOSARIO

Movimiento en Masa:

Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

Caídas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido, se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes.

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 (figura 14). 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 (Vilchez, 2020).

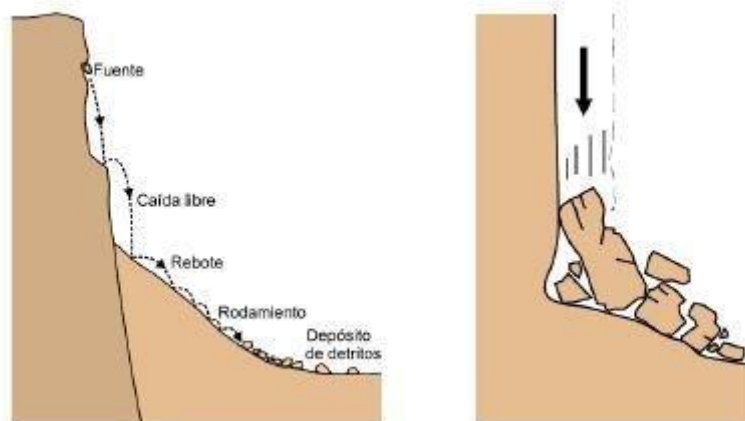


Figura 14. Esquema de un derrumbe (Proyecto Multinacional Andino, 2007)

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. (Proyecto

Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)- Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p).

Reptación

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. (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007)- Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p).

Deslizamiento Rotacional

Deslizamiento en el cual la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior inclinarse hacia atrás en dirección al escarpe. Estos movimientos ocurren frecuentemente en masas de material relativamente homogéneo, pero también pueden estar controlados parcialmente por superficies de discontinuidad pre-existentes (Cruden y Varnes, 1996)

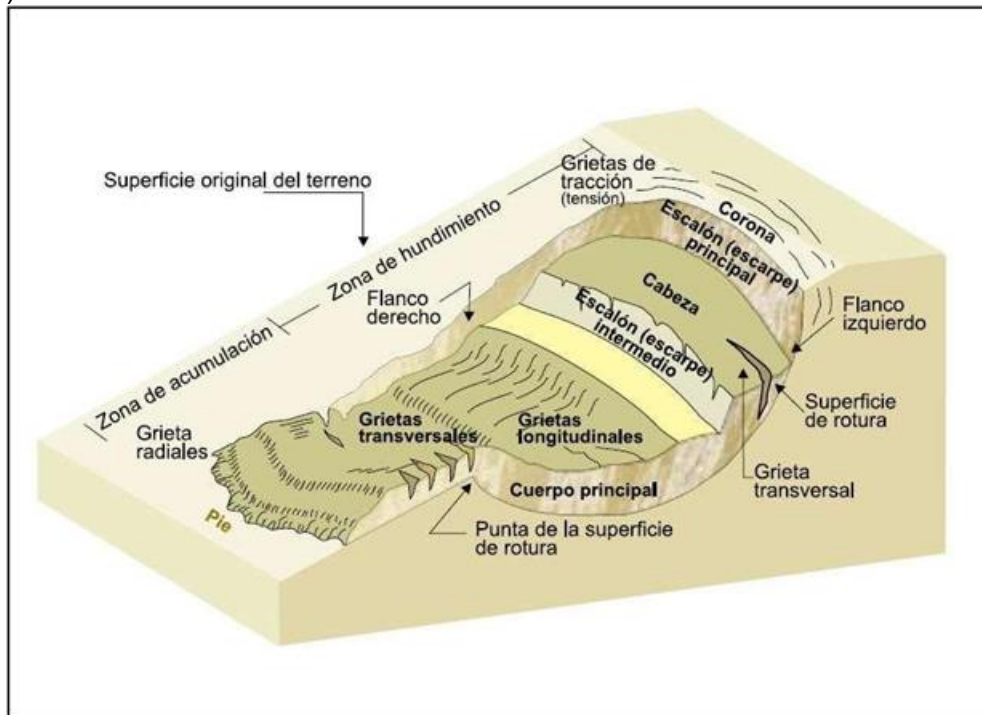


Figura 15. Esquema de un deslizamiento rotacional.

Fuente: <https://docplayer.es/docs-images/64/51318926/images/26-1.jpg>

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Drenaje Superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose la infiltración y la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento.

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. Ver Figura 16.

Se utilizan zanjas horizontales o canaleta de drenaje horizontal: Son paralelas al talud y se sitúan al pie de este; canales colectores en espina de pescado, que combinan una zanja drenante o canal en gradería, según la línea de máxima pendiente, con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia. Estos canales deben ser impermeabilizadas adecuadamente para evitar la reinfiltración de las aguas. Ver Figura 17.

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro dissipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta sitio seguro.

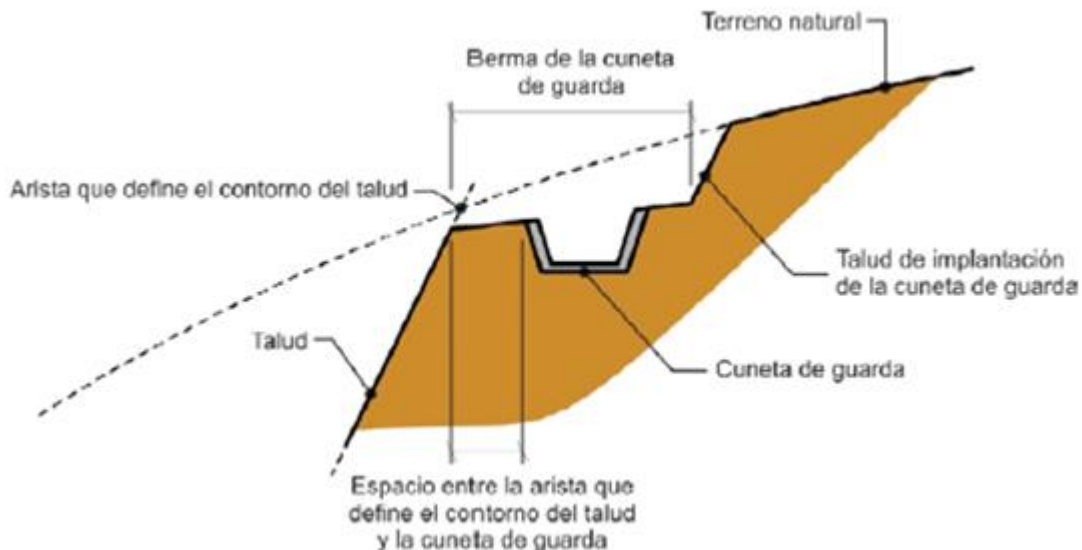


Figura 16: Detalle de una canaleta de drenaje superficial (Zanjas de coronación).
Fuente: http://www.carreteros.org/normativa/drenaje/5_2ic2016/apartados/3.htm

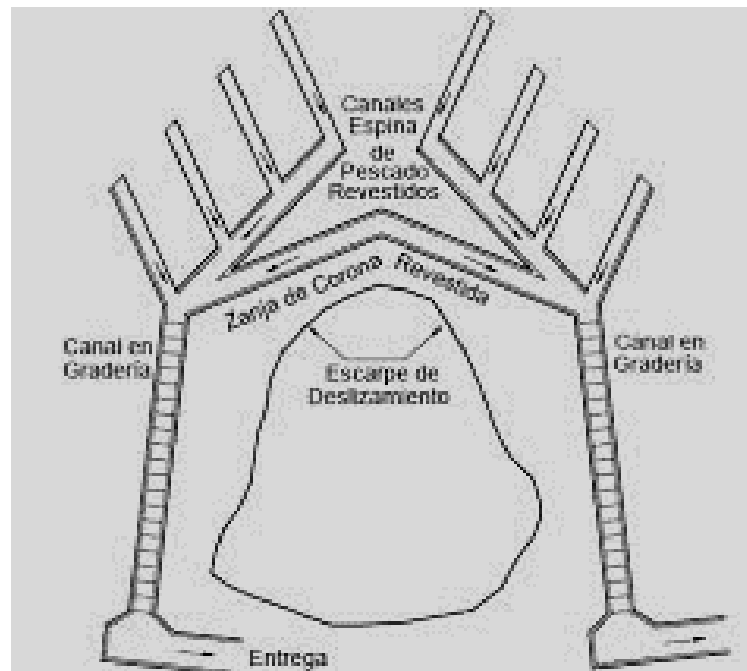


Figura 17: Esquema de planta de canales colectores espina de pescado con canales en gradería. Fuente: Libro control de aguas superficiales y subterráneas Pg. 433.



Figura 18: Sistema de drenaje tipo espina de pez. Fuente: Gómez, (2017) – Informe técnico N° A6753, “Peligro por deslizamiento en el sector Lluscapampa”