

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7173**

# EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN LA COMUNIDAD CAMPESENA DE PAIRACA

Departamento Apurímac  
Provincia Aymaraes  
Distrito Chalhuanca



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

*Equipo de investigación:*

*Norma L. Sosa Senticala*

*Mauricio A. Núñez Peredo*

#### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en la Comunidad Campesina de Pairaca, distrito de Chalhuanca, provincia Aymaraes, departamento Apurímac”, Lima: Ingemmet, Informe técnico A7173. 39 p.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	3
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	4
1.3.1. Ubicación.....	4
1.3.2. Accesibilidad.....	4
1.3.3. Clima .....	6
1.3.4. Zonificación sísmica .....	7
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	8
<b>2.1. Unidades litoestratigráficas</b> .....	8
2.1.1. Formación Socosani (Jm-so).....	8
2.1.2. Depósitos cuaternarios.....	8
<b>3.1. Pendientes del terreno</b> .....	11
<b>3.2. Unidades geomorfológicas</b> .....	12
3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	12
3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional....	13
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS</b> .....	16
<b>4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa</b> .....	16
<b>4.2. Deslizamiento de la comunidad campesina de Pairaca (Jirón Comercio)</b> .....	17
4.2.1. Características visuales del evento .....	22
4.2.2. Análisis comparativo de imágenes .....	23
4.2.3. Factores condicionantes.....	24
4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes .....	25
4.2.5. Factores antrópicos .....	25
4.2.6. Daños por peligros geológicos .....	25
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	25
<b>6. RECOMENDACIONES</b> .....	27
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28
<b>ANEXO 1: MAPAS</b> .....	29
<b>ANEXO 2: GLOSARIO</b> .....	34
<b>ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN</b> .....	38



## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en la Comunidad Campesina de Pairaca, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Chalhuanca, provincia Aymaraes, región Apurímac. 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.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en los alrededores de la zona evaluada corresponden a rocas de origen sedimentario de la Formación Socosani, compuestas de limoarcillitas de color gris a negras de grano fino, muy fisibles y material carbonoso alterado con niveles ínfimos areniscosos muy fracturadas y altamente meteorizadas. Así mismo, la comunidad campesina, se encuentra asentada sobre depósitos cuaternarios coluvio-deluviales constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos en una matriz limo-arcilloso que han sufrido transporte y actualmente es lavado por la escorrentía superficial. Los movimientos en masa identificados en la zona, se desarrollaron principalmente en este tipo de material.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico degradacional y erosional (montañas en rocas sedimentaria) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores y configuran geoformas de piedemonte (vertiente coluvio-deluvial), planicies (terrazas aluviales), planicies inundables (terrazas fluviales). Se considera que el principal factor condicionante que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa es la pendiente del terreno que va de fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°).

El proceso identificado en la Comunidad Campesina de Pairaca corresponde al denominado movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional, evento que presenta una actividad geodinámica reciente. Este proceso afectó directamente a dos viviendas y pone en riesgo otras siete, así como la vía del Jirón Comercio y las instalaciones de la infraestructura de la Institución Educativa Nro. 54297: Patrón Santiago de Pairaca.

Por las condiciones geológicas, mencionadas anteriormente, la Comunidad Campesina de Pairaca, se considera como **zona crítica** y de **peligro Alto**, a la ocurrencia de deslizamientos.

El deslizamiento puede ser detonado por lluvias intensas y/o prolongadas, filtraciones de agua al subsuelo o por movimientos sísmicos de gran magnitud que generan o activan deslizamientos.

En el presente informe, se brinda algunas recomendaciones que se consideran importante que las autoridades competentes pongan en práctica, como es el uso de un sistema de riego tecnificado por parte de los agricultores y sus organizaciones. Estas recomendaciones se plantean con la finalidad de minimizar las ocurrencias y los 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 Provincial de Aymaraes, según Oficio N° 252-2021-MPA-CH./AYM/APU, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos, ocurrido el día viernes, 01 de enero de 2021 que afectó directamente 2 viviendas y podría comprometer otras siete viviendas, así como la vía Jirón Comercio y las instalaciones de la infraestructura de la Institución Educativa N°. 54297: Patrón Santiago de Pairaca.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a la ingeniera Norma Sosa Senticala y al geol. Mauricio Núñez Peredo, para realizar la evaluación de peligros geológicos respectiva, en el sector previamente mencionado. Este trabajo se realizó el día 26 de mayo del presente año en coordinación con representantes de la Unidad de Defensa Civil y Seguridad Ciudadana de la Municipalidad Provincial de Aymaraes.

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, fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Aymaraes y entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación 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:

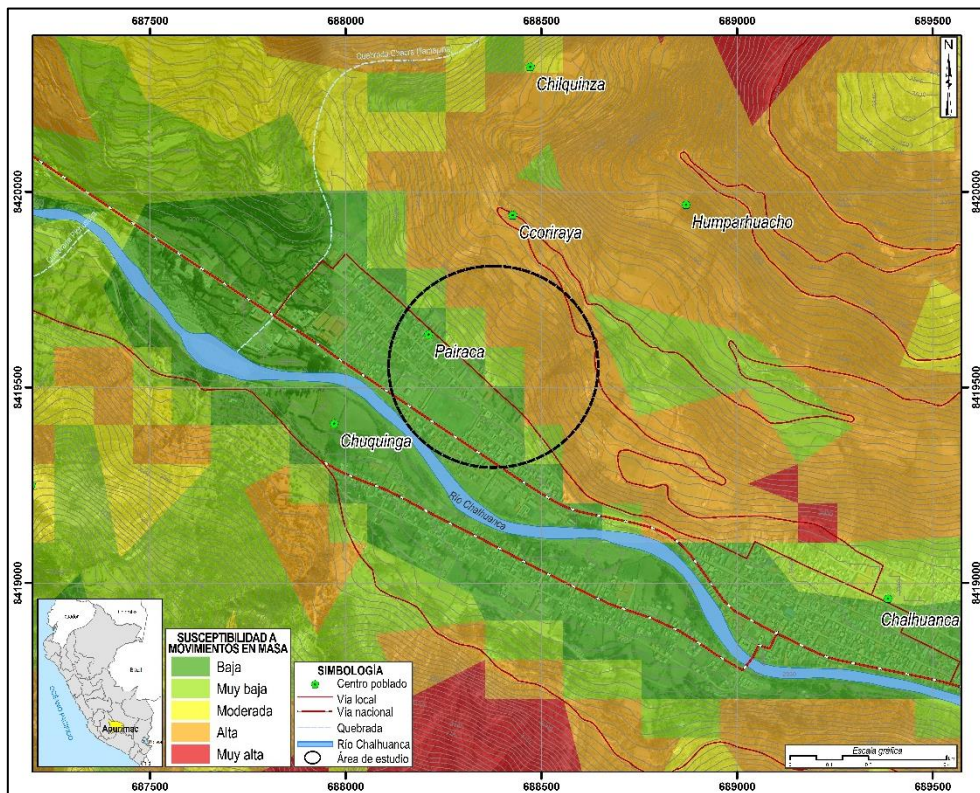
- a) Evaluar y caracterizar el peligro geológico por deslizamiento ocurrido el 01 de enero de 2021 en la Comunidad Campesina de Pairaca, evento que compromete la seguridad física de la población, viviendas y sus medios de vida en la zona de influencia del evento.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes de la ocurrencia de peligros geológicos.
- c) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

## 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 temas de geología y geodinámica externa (boletines), de los cuales destacan los siguientes:

- A) Primer reporte de zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Informe técnico N° A6594, (Villacorta et al, 2012). Este estudio identificó la ocurrencia de caída de rocas (catalogado como zona crítica), ubicado cerca al área de estudio, en la vía Pairaca/Chalhuanca. Las causas que lo ocasionaron fueron: Alternancia de rocas de diferente competencia y naturaleza incompetente del suelo. El depósito presenta bloques aislados y obstruye la vía en 15 metros.

Así mismo, de acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la región Apurímac (Villacorta et al., 2013), se evidencia que la Comunidad Campesina de Pairaca, se encuentran en zona de susceptibilidad Alta (figura 1).



**Figura 1:** Susceptibilidad por movimientos en masa de la Comunidad Campesina de Pairaca y alrededores. Fuente: Villacorta *et al.*, 2013.

- B) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) Escala 1: 50 000 (Lipa & Zuloaga, 2003). Este estudio fue realizado dentro del Proyecto de Revisión y Actualización de la Carta Geológica Nacional, el cual contempla la descripción actualizada de la geología de la zona de estudio, que corresponde a rocas sedimentarias de la Formación Socosani del Grupo Yura.

- C) Boletín N° 35, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas” (Pecho, V. 1981). En este boletín se describen las unidades litoestratigráficas aflorantes en la zona de estudio y alrededores; así como la dirección de estructuras principales e interpretaciones geológicas.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1. Ubicación

La Comunidad Campesina de Pairaca, políticamente pertenece al distrito de Chalhuanca, provincia de Aymaraes, región Apurímac (figura 2), se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 18S):

**Cuadro 1.** Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	688655.31	8419819.51	-14.287	-73.251
2	688655.31	8419276.62	-14.292	-73.251
3	688077.55	8419278.62	-14.292	-73.256
4	688077.55	8419819.51	-14.287	-73.256
<b>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</b>				
C	688426.71	8419559.17	-14.289	--73.253

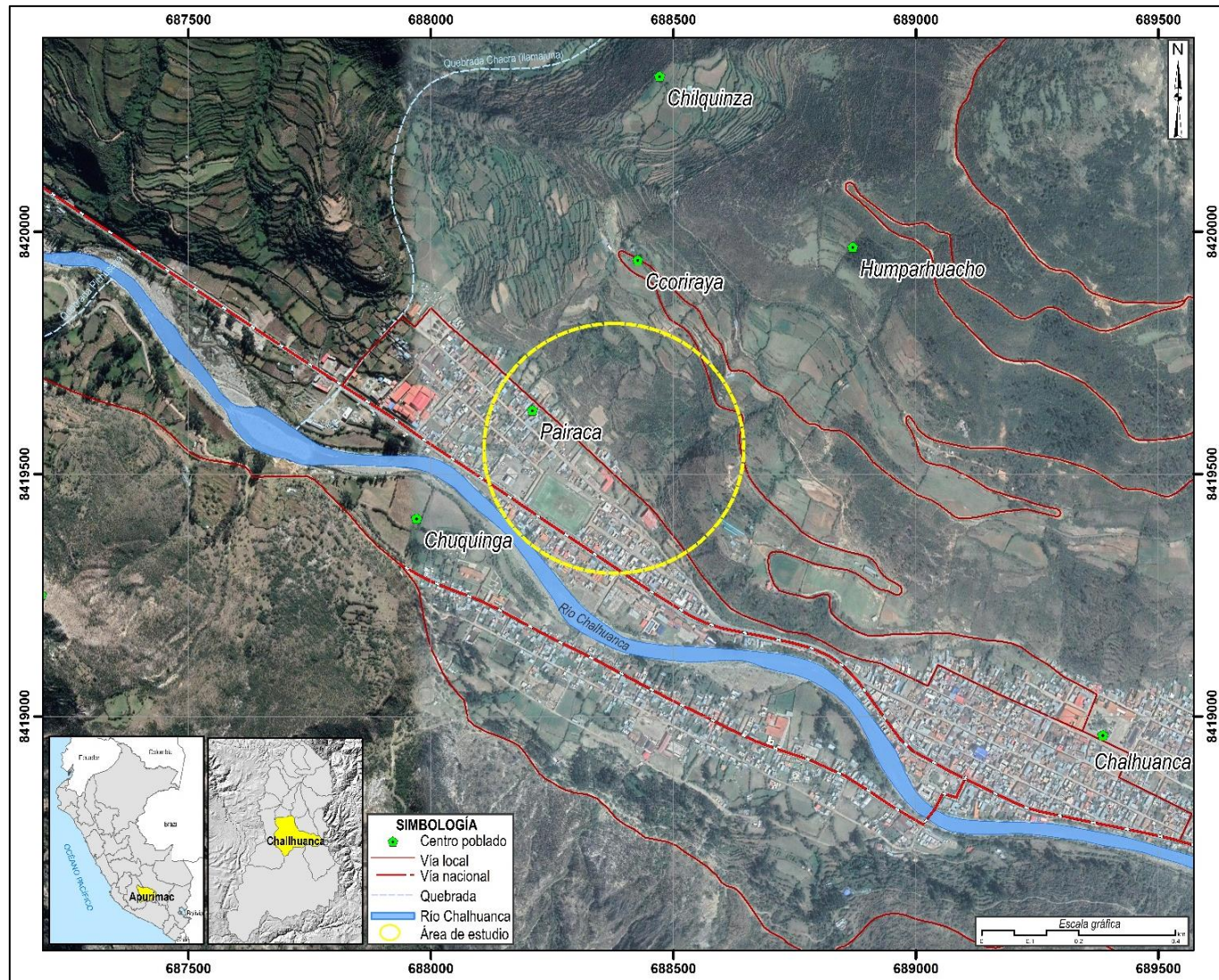
#### 1.3.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizó por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta la Comunidad Campesina de Pairaca (Apurímac), mediante la siguiente ruta (cuadro 2):

**Cuadro 2.** Ruta de acceso

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Lima – Nazca	Asfaltada	436	6 horas 30 min
Nazca – Puquio	Asfaltada	156	3 horas 20 min
Puquio – Chalhuanca	Asfaltada	186	3 horas 11 min
Chalhuanca – Pairaca	Afirmada	1.7	0 horas 08 min





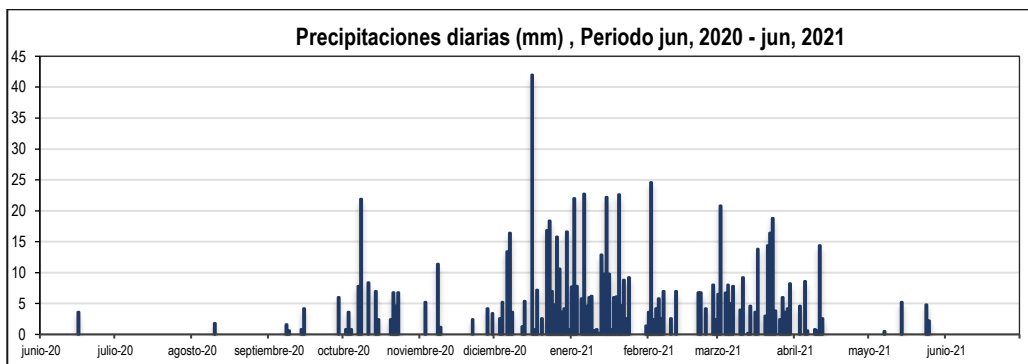
**Figura 2.** Ubicación de la Comunidad Campesina de Pairaca y alrededores. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.3. Clima

El clima en el distrito de Chalhuanca está marcado por dos estaciones bien definidas: El estío entre abril y octubre, caracterizada por días soleados y noches muy frías; y la lluviosa, entre noviembre y marzo, con precipitaciones abundantes.

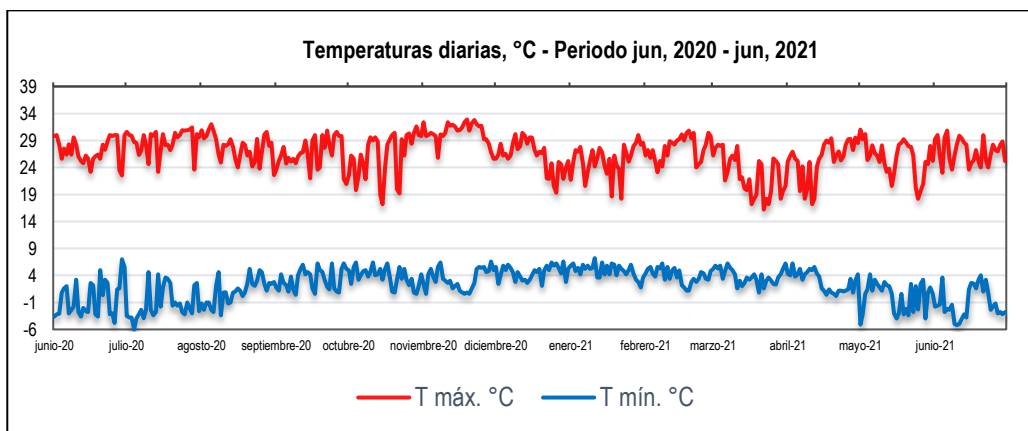
Haciendo una búsqueda de información local, de acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite (SENAMHI, 2020), la Comunidad Campesina de Pairaca y alrededores está influenciada por un clima semiseco, frío, caracterizado por una deficiencia de lluvias en otoño, con humedad relativa calificada como seca.

La precipitación pluvial es variable y está vinculada estrechamente a la altitud. La precipitación máxima registrada en la estación pluviométrica de Aymaraes en el último periodo (junio, 2020 – junio, 2021) es de 42 mm (figura 3). Así mismo, las lluvias son de carácter estacional, es decir, se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, siendo los meses de junio y julio, los más secos y los meses de diciembre a abril, los más lluviosos.



**Figura 3.** Precipitaciones diarias, distribuidas a lo largo del último periodo (junio, 2020 – junio, 2021), para la estación Aymaraes. Fuente: SENAMHI.

La temperatura anual oscila entre un máximo de 32.9°C en verano y mínima de -6.0°C en invierno (figura 4).



**Figura 4.** Temperaturas máximas y mínimas diarias, distribuidas a lo largo del último periodo: Junio, 2020 – junio, 2021, para el distrito de Chalhuanca. Fuente: Estación Aymaraes, SENAMHI.

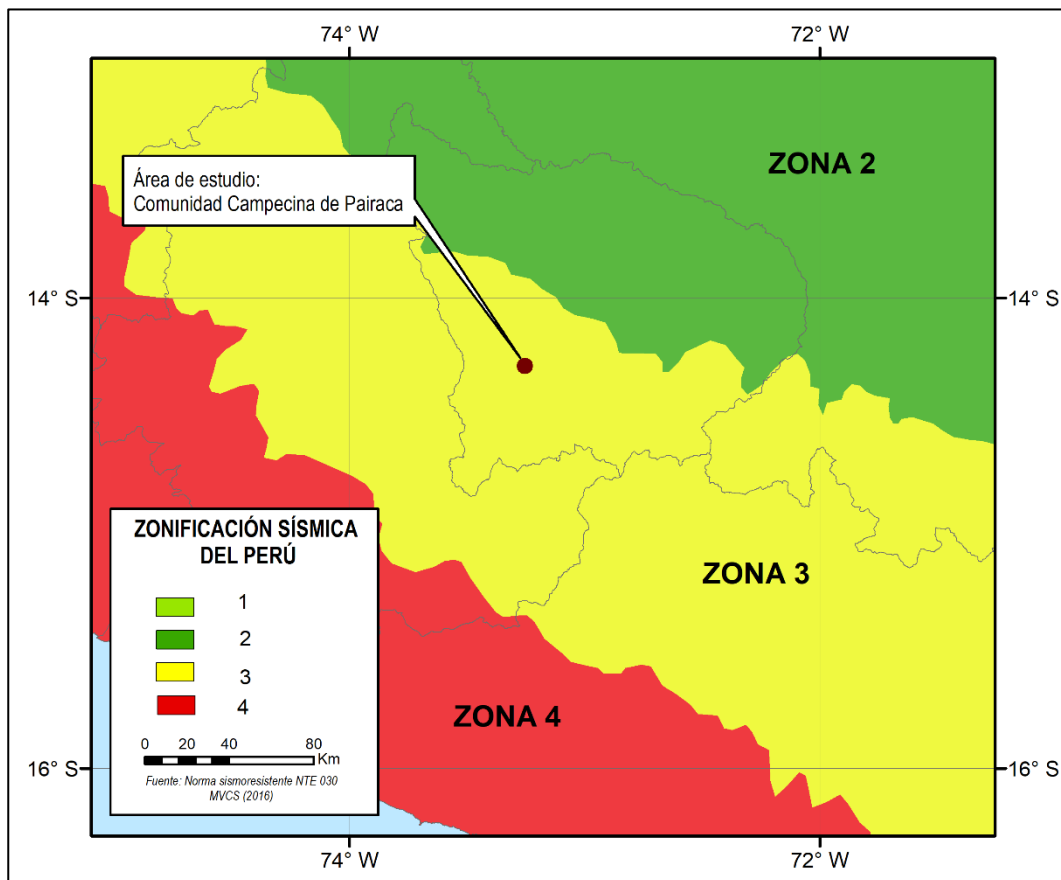
### 1.3.4. Zonificación sísmica

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 5. La zonificación propuesta, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el cuadro 3. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (DS N°. 003-2016-VIVIENDA).

Según dicho mapa, el área de estudio, se ubica en la Zona 3 (sismicidad alta), localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, determinándose aceleraciones de 0.35 g.

**Cuadro 3.** Factores de zona Z.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



**Figura 5.** Zonificación sísmica del Perú. Fuente: Alva (1984).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se desarrolló teniendo como base el mapa geológico del cuadrángulo de Chalhuanca, 29p-III, escala 1:50,000 (Lipa *et al.*, 2001), así como la información contenida en el Boletín N° 35: “Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Atabamba y Santo Tomas” (Gutiérrez *et al.*, 1981) y la “Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), escala 1:50,000” (Lipa *et al.*, 2003), publicados por Ingemmet.

De igual manera se complementó con trabajos de interpretación de imágenes de satélite, vuelos de dron y observaciones de campo.

### 2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona evaluada y alrededores, son principalmente de origen sedimentario de la Formación Socosani; así como, depósitos recientes coluvio-deluvial, aluvial y fluvial (anexo 1 – mapa 01).

#### 2.1.1. Formación Socosani (Jm-so)

Según Lipa *et al.*, (2003), esta unidad comprende aproximadamente de 700 m de espesor de limoarcillitas de color gris a negras de grano fino, muy fisibles y material carbonoso alterado con niveles ínfimos areniscosos. Este afloramiento, ha sido reconocido al sureste del mapa geológico, en las proximidades de la Comunidad Campesina de Pairaca.

Geomecánicamente, estas rocas se encuentran muy fracturadas con espaciamentos próximos entre sí (0.06 a 0.20 m) y aberturas algo abiertas (0.1-1.0 mm). Además, se encuentran altamente meteorizadas, es decir más de 50% está desintegrada a suelo (figura 6).

#### 2.1.2. Depósitos cuaternarios

##### **Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd):**

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de las laderas prominentes, como material del escombros constituido por bloques de gravas, guijarros con clastos subangulosos a angulosos en una matriz limo-arcilloso que han sufrido transporte y actualmente es lavado por la escorrentía superficial.

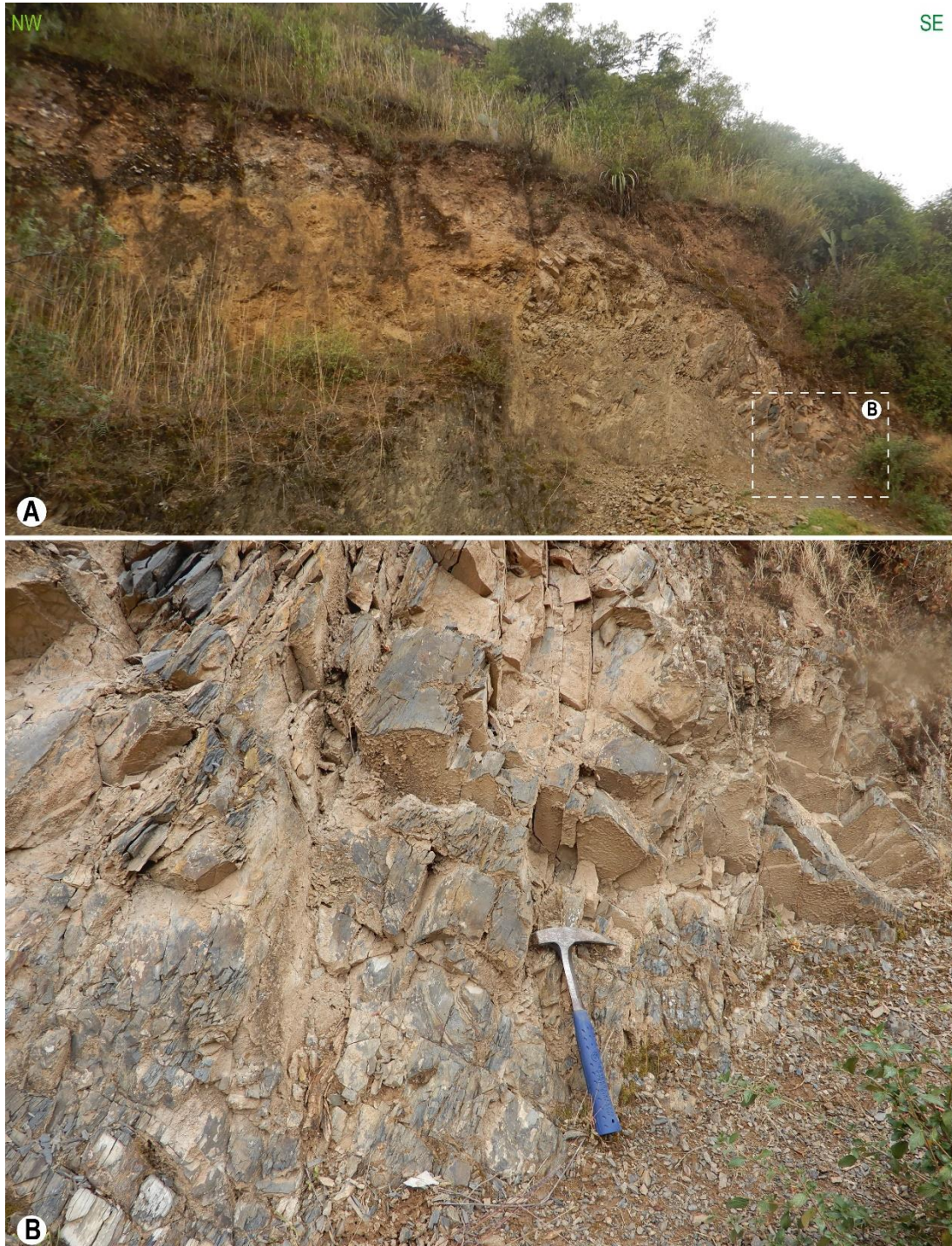
Los depósitos de esta unidad están conformados por depósitos de movimientos en masa antiguos, como deslizamientos, avalanchas y derrumbes. Sobre este material de naturaleza poco consolidado, se desarrolló el deslizamiento.

##### **Depósitos aluviales (Q-al):**

Conformados por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como arenas, limos y arcillas; transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en forma de terrazas y abanicos aluviales (fotografía 1); son de edad Cuaternario.

##### **Depósitos fluviales (Q-fl):**

Conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimososa. Se le puede apreciar en el curso principal del río Chaluhanca, formando parte de la llanura de inundación (figura 7), así como de las terrazas fluviales; son de edad Cuaternario.



**Figura 6.** A) Vista con dirección NW-SE donde se distingue un afloramiento de limoarcillitas de color gris de la Formación Socosani. B) Detalle del substrato rocoso, el cual se encuentra muy fracturado (con espaciamentos que varían entre 0.06 a 0.20 m) y altamente meteorizado.



**Fotografía 1.** Depósito aluvial conformado por una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, depositado en forma de abanico aluvial.



**Figura 7.** Depósito fluvial ubicado en las márgenes del río Chalhuanca y formando parte de la llanura de inundación.

### 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

#### 3.1. Pendientes del terreno

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa, como factor condicionante.

En el anexo 1 – mapa 02, se presenta el mapa de pendientes, elaborado en base a información del modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución (USGS), donde el sector evaluado y alrededores se encuentran en una ladera cuyos rangos de pendientes van desde fuerte (15° a 25°) a muy fuerte (25° a 45°). 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
<1°	Llano	Son terrenos llanos cubiertos por depósitos cuaternarios que se distribuyen principalmente a lo largo del fondo de valle, asociado a unidades como terrazas fluviales y aluviales
1° a 5°	Inclinación suave	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de fondos de valles, planicies y cimas de lomadas de baja altura, también en terrazas aluviales y fluviales.
5° a 15°	Moderado	Terrenos con moderada pendiente, se ubican principalmente al pie de las laderas de las montañas y colinas, a su vez, estas inclinaciones condicionan la erosión de laderas en las vertientes., En este rango se asienta el poblado de la Comunidad Campesina de Pairaca.
15° a 25°	Fuerte	Pendientes que se distribuyen indistintamente en las laderas de las colinas, lomadas y montañas. En este rango se ubica algunas viviendas de la Comunidad Campesina de Pairaca, en donde se generó el deslizamiento.
25° a 45°	Muy fuerte	Se encuentran en laderas de montañas sedimentarios, así como vertiente o piedemonte coluvio-deluvial. En este rango de pendiente, generalmente se registran procesos de erosión en cárcava y en los cortes de taludes pueden ocurrir <b>deslizamientos</b> , derrumbes o caídas de rocas.
>45°	Muy escarpado	Ocupa áreas muy reducidas, distribuidas a lo largo de laderas, cumbres de colinas, montañas sedimentarias, así como en quebradas donde existe erosión cárcava.

Fuente: Ingemmet, 2017.

### 3.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio (anexo 1 – mapa 03), 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 (Vilchez *et al.*, 2019).

En la zona evaluada y alrededores se han identificado las siguientes geoformas:

#### 3.2.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen:

##### 3.2.1.1. Unidad de montañas

Tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local; diferenciándose las siguientes subunidades según el tipo de roca que las conforman y los procesos que han originado su forma actual.

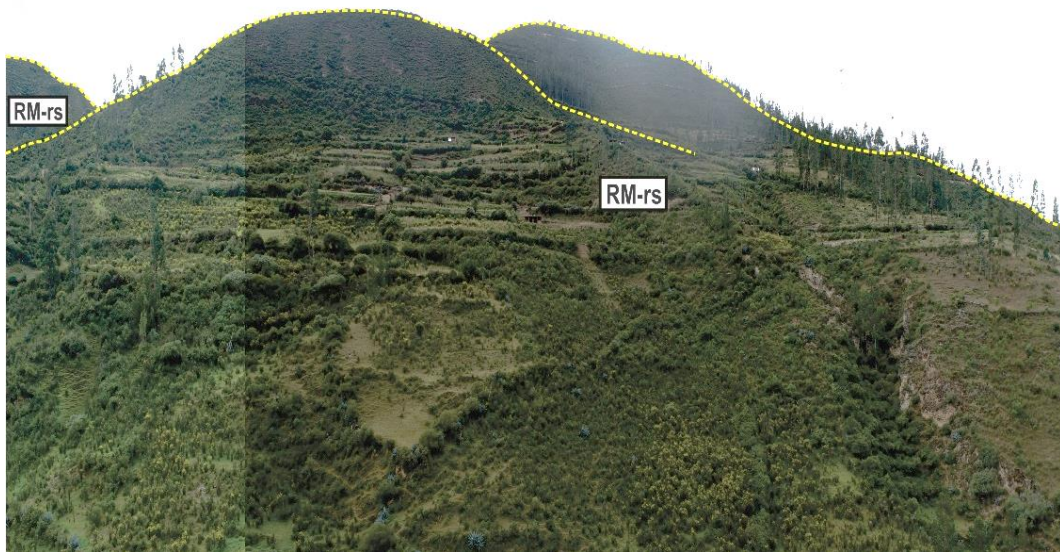
#### A) Subunidad de montañas en rocas sedimentarias (RM-rs):

Estas montañas han sido levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia-escorrentía, y del agua de subsuelo. En estas montañas el plegamiento de las rocas superficiales no conserva rasgos reconocibles de las estructuras originales, sin embargo, estas pueden presentar localmente laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias.

La zona evaluada corresponde a montañas de rocas sedimentarias de la Formación Socosani (figura 8), compuesto por limoarcillitas de color gris a negro, de grano fino y muy fisibles.

La pendiente en estas subunidades es de fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25° - 45°), geodinámicamente se encuentra asociado a la ocurrencia de deslizamiento, derrumbes, flujos y procesos de erosión de laderas (figura 9).





**Figura 8.** Vista con dirección hacia el noroeste desde el poblado de Pairaca, se puede observar montañas de rocas sedimentarias de la Formación Socosani, en la parte alta de la comunidad campesina de Pairaca.



**Figura 9.** Vista con dirección al suroeste desde la comunidad campesina, donde se observa geoformas de montañas conformadas por la secuencia sedimentaria de la Formación Hualhuani y en la parte baja se observa terrazas aluviales en las margen del río Chahuanca.

### **3.2.2. Geoformas de carácter tectónico depositacional y agradacional**

Están representadas por las 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

Acumulación de material muy heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arena, limos y arcilla inconsolidados ubicado al pie de las cadenas montañosas; estos depósitos pueden ocupar grandes extensiones. Se identificó la siguiente subunidad:

#### a) *Subunidad de vertiente coluvio-deluvial (V-cd):*

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial, se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se encuentran acumulados al pie de laderas de montañas o acantilados de valles. Se encuentran interestratificados y no es posible separarlos como unidades individuales, estos se acumulan al pie de laderas de montañas o acantilados de valles (figura 10).

Se pueden asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos y flujos de detritos. Los principales agentes formadores son los procesos de erosión de suelos, la gravedad, las lluvias, el viento y la reptación de suelos.



**Figura 10.** Depósitos coluvio-deluviales cubiertos por pastos y arbustos característicos de la zona, ubicados en la margen izquierda del jirón Comercio.

### 3.2.2.2. Unidad de planicies

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

a) *Subunidad de terrazas aluviales (T-al)*

Corresponden a terrenos ubicados encima del cauce del río Chalhuanca, es común que se produzcan en sus márgenes activas erosión fluvial y socavamiento en sus taludes. Está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), transportados por la corriente del río Chalhuanca. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas y se asientan algunas viviendas, (figura 11).



**Figura 11.** Terrazas aluviales, ubicadas en la margen derecha del río Chalhuanca.

3.2.2.3. Unidad de Planicies Inundables

Área adyacente al río Chalhuanca, formada por desbordamientos repetidos. Planicies aluviales aledañas a las corrientes de agua superficiales como ríos, arroyos y lagunas, las cuales se han formado en el pasado con los sedimentos que periódicamente han depositado las inundaciones fluviales.

a) *Subunidad de terraza fluvial (T-fl)*

Se caracteriza por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolones, cantos gravas, arenas, etc.) que son transportados por la corriente del río Cotaruse a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos (figura 12).

b) *Cauce del Río*

Dentro de esta unidad se reúne los cuerpos de agua de origen natural (ríos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo, esta se ubica en ambas márgenes del río Chalhuanca, (figura 12)



**Figura 12.** Vista del río Cotaruse, en la comunidad campesina de Pairaca del distrito de Chalhuanca, donde se aprecia en sus márgenes terrazas fluviales y aluviales sucesivamente.

#### 4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

El peligro geológico reconocido en el sector evaluado corresponde a los movimientos en masa de tipo deslizamiento. (PMA: GCA, 2007). Este proceso es el resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en la Cordillera de los Andes por cursos de agua, 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.

Este movimiento 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 “**desencadenate**” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

Los peligros geológicos identificados en la zona evaluada y sus alrededores corresponden a los subtipos agrupados en la clase de movimientos en masa (anexo 1 – mapa 4).

##### 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, 2007).

Para la caracterización de los eventos geodinámicos, se realizó en base a la información obtenida de los trabajos de campo, en donde se identificó el tipo de movimiento en masa a través de la cartografía geológica y geodinámica, basado en la observación y descripción morfométrica in situ, la toma de datos GPS, fotografías a nivel de terreno y del levantamiento fotogramétrico con dron, de donde se obtuvo un modelo digital de terreno y un ortomosaico con una resolución de 0.15 y 0.08 cm por pixel, respectivamente. Esta información se complementó con el análisis de imágenes de satélite.

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

#### **4.2. Deslizamiento de la comunidad campesina de Pairaca (Jirón Comercio)**

En el jirón Comercio de la Comunidad Campesina de Pairaca, se identificó un deslizamiento rotacional denominado como D1, ubicado en las coordenadas UTM WGS-84: 8419562 N, 688326 E y una altitud de 2902 m s. n. m.

El evento se generó el 1 de enero del presente año aproximadamente a las 5:00 am producto de las fuertes lluvias, según informan los pobladores.

El deslizamiento tiene una longitud de escarpa de 36.5 m, un salto principal de aproximadamente de 3.5 m y una distancia entre la escarpa y pie de 21 m, lo cual determina un volumen aproximado de material desplazado del orden de los 612.1050 m<sup>2</sup> (figuras 13 y 14).

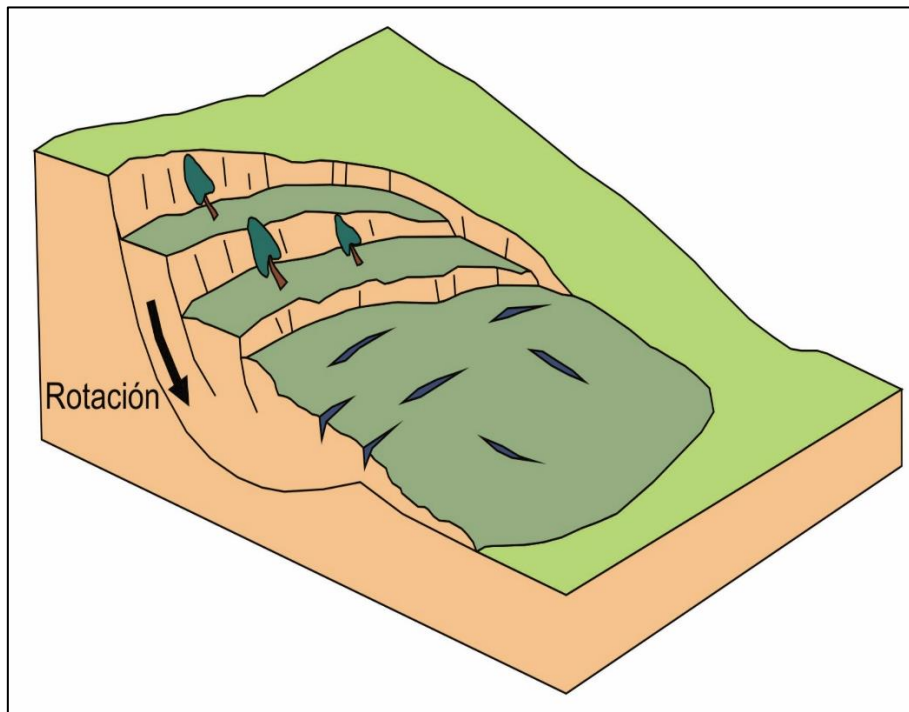
El cuerpo del deslizamiento presenta agrietamientos transversales, con aberturas entre 0.08 a 0.12 cm, longitudes de 0.05 a 13 m, y profundidades visibles de 0.05 a 0.08 cm.

Así mismo, al noreste de la escarpa principal, específicamente a 25 m, se identificaron grietas transversales con longitudes de hasta de 2.5 m, aberturas de 0.03 a 0.05 cm, y profundidades de hasta 0.04 cm (figura 15). Estas fueron selladas por los pobladores con el mismo material de la zona.

El deslizamiento está produciendo empuje o emplazamiento horizontal hacia un muro de contención de concreto, la misma que se encuentra inclinada y cubierta por parte del material del evento. Es preciso mencionar que, el muro fue instalado al pie del deslizamiento hace dos años atrás, a una distancia aproximada de 2 m de la vivienda (A), como medida correctiva y hoy se encuentra inclinado (figura 16).



**Figura 13.** Vista frontal del deslizamiento, donde observa una longitud de escarpa de 36.5 m, un salto principal de aproximadamente 3.5 m y una distancia entre la escarpa y pie de 21 m.



**Figura 14.** Esquema del deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos.



**Figura 15.** Vista con dirección norte específicamente a 25 m de la escarpa principal, donde se identificaron agrietamientos en algunos puntos, las mismas que están cubiertas por vegetación.



**Figura 16.** Se observa el muro de contención inclinado, producto del empuje del material del deslizamiento, instalado hace dos años atrás.

Por último, el deslizamiento se manifestó con el asentamiento de parte de la ladera como se muestra en la figura 16, afectando directamente a dos viviendas las que se detallan a continuación:

**Cuadro 5.** Ubicación de viviendas afectadas.

Viviendas afectadas	Coordenadas UTM WGS-84		
	Norte	Este	Altitud (m s.n.m)
Vivienda (A)	8419535	688339	2902
Vivienda (B)	8419528	688350	

*Vivienda (A)*, construida el 2018, es de material noble y cuenta con dos pisos, el propietario de esta vivienda instaló un muro de contención; el mismo que actualmente se encuentra inclinada hacia la pared de la vivienda, producto del empuje del deslizamiento, actualmente la vivienda presenta humedad en parte de las paredes de atrás, donde se está acumulando parte del cuerpo de la misma (figura 17 y fotografía 2).

*Vivienda (B)*, su construcción inició el año 2015, es de adobe actualmente tiene dos pisos; esta vivienda fue la más afectada debido a que los ambientes fueron directamente afectados (cocina y baño), las mismas que se encontraban muy próximas a la ladera; esta vivienda es de dos pisos, la construcción es básicamente de adobe así mismo se pudo apreciar que el material deslizado se está asentando en parte del patio, como se muestra en las figuras 18 y 19, el mismo que ha sido limpiado en varias oportunidades.



**Figura 17.** Vista tomada con el dron, donde se puede visualizar las grietas transversales con longitudes de hasta 13 m (líneas punteadas de color verde); emanación de agua subterránea



(punto de color azul) y se puede ver la afectación a las dos viviendas ubicadas al pie del deslizamiento.



**Figura 18.** Vista donde se observa el material del deslizamiento depositado en medio del patio de la vivienda (B), según información del propietario, el material se deslizó en varias oportunidades; pero con menor cantidad, la cual facilitaba la limpieza; actualmente no lo están haciendo por temor a una reactivación.



**Fotografía 2.** Se observa humedad en las paredes de la vivienda (A), actualmente está habitación se encuentra desocupada, como medida de seguridad.



**Figura 19.** En la vivienda B, se observaron afectaciones a) servicio higiénico (construcción de bloques), b) ambiente utilizado como cocina, construcción de adobe, es aquí donde el deslizamiento destruyo parte del techo; actualmente este ambiente esta deshabitado.

#### 4.2.1. Características visuales del evento

El deslizamiento reactivado en la comunidad campesina de Pairaca (jirón Comercio), presenta las siguientes características y dimensiones:

- Deslizamiento de tipo: Rotacional
- Forma de la escarpa principal: Elongada y de actividad reciente.
- Superficie de rotura: Irregular y alargada.
- Longitud de la escarpa principal: 36.5 m.
- Desnivel entre escarpa y pie: 21.5 m.
- Salto de escarpe principal: 3.5 m.
- Área total: 612.1050 m<sup>2</sup>
- Estado de la actividad del movimiento: Reactivado.
- Agrietamientos transversales de hasta 13 m de longitud, aberturas entre 0.08 a 0.12 cm y profundidades visuales de hasta 0.05 a 0.08 cm (Cuerpo del deslizamiento)
- Presenta un punto de emanación de aguas subterránea ubicado en las coordenadas UTM 8419557 N, 688352 E y a una altitud de 2909 m s.n.m.

#### **4.2.2. Análisis comparativo de imágenes**

Se realizó una comparación de imágenes satelitales de distintos años; la primera del año 2010(Google Earth Pro) donde se observa que no existía ninguna vivienda asentada al pie de la ladera, el terreno estaba poblado solo de vegetación característica de la zona; la segunda imagen corresponde al año 2018 (Google Earth Pro) donde ya se evidencia varias viviendas asentadas al pie de la ladera; así mismo se seguía modificando el terreno con el objetivo de ganar más áreas de construcción; por último la imagen del 2021 tomada con el dron, donde se puede visualizar el deslizamiento ocurrido el 1 de enero de 2021.



**Figura 19.** Comparación de imágenes satelitales de los años 2010, 2018 (Google Earth) y la imagen 2021 (tomada con el dron el 24 de mayo de 2021), post deslizamiento en el Jirón Comercio.

#### 4.2.3. Factores condicionantes

- Pendiente pronunciada de la ladera, de fuerte ( $15^{\circ}$ -  $25^{\circ}$ ) a muy fuerte ( $25^{\circ}$ -  $45^{\circ}$ ).

- Características litológicas conformada por limoarcillitas de grano fino, muy fisibles y material carbonoso alterado con niveles ínfimos areniscosos.
- Configuración geomorfológica del área (montañas en rocas sedimentarias y vertiente coluvio-deluvial, terrazas aluviales y fluviales).
- Presencia de aguas subterráneas (manantiales de agua).

#### **4.2.4. Factores detonantes o desencadenantes**

- PRECIPITACIONES: Lluvias intensas y/o excepcionales entre los meses de noviembre y marzo.
- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, que según el Mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva & Meneses, 1984), de acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica, la región Apurímac se encuentra ubicada en la zona 3 que corresponde a sismicidad alta.

#### **4.2.5. Factores antrópicos**

- Cortes de ladera o talud.
- Canal de riego sin revestimiento, por donde discurre el agua permanentemente; lo que podría estar generando la saturación de terreno
- Ocupación inadecuada, viviendas.

#### **4.2.6. Daños por peligros geológicos**

El evento ocurrido en enero del presente año, generó los siguientes daños:

- a) Afectó directamente dos viviendas, detalladas a continuación:
  - o En la vivienda B, destruyó un ambiente usado como cocina en la vivienda B; y afectó otro ambiente del baño; así como el patio de la vivienda se encuentra ocupada por el material deslizado
  - o La vivienda A, presenta humedad en la pared posterior, producto del empuje del deslizamiento.
- b) Afectó muro de contención de concreto (01).
- c) Podría afectar tubería de la vivienda A, que se encuentra instalado en el exterior de la vivienda.
- d) Podría afectar a las viviendas ubicadas al pie del talud.
- e) Podría afectar andenerías, las cuales se ubican en su margen izquierda de la cara libre del deslizamiento.
- f) Podría afectar cultivos de cebada y maíz, ubicadas en la cabecera del deslizamiento.
- g) Podría afectar instalaciones de la infraestructura de la Institución Educativa Nro. 54297: Patrón Santiago de Pairaca (ubicado a 20 m del deslizamiento).

## **5. CONCLUSIONES**

- 1) La comunidad campesina de Pairaca (barrio Comercio) y alrededores, se identificaron peligros geológicos por movimientos en masa de tipo deslizamiento, derrumbe, así como erosión de laderas.
- 2) En la comunidad campesina de Pairaca (barrio Comercio), se generó un deslizamiento rotacional, el evento se generó el 1 de enero del presente año. Presenta una escarpa principal de 36.5 m, de forma elongada, con salto principal de 3.5 m, con desnivel entre la escarpa y pie de 21.5 m.
- 3) El cuerpo del deslizamiento presenta agrietamientos transversales de hasta 13 m, aberturas de 0.08 a 0.12 cm y profundidades visuales de hasta 0.08 cm; el cuerpo del deslizamiento presenta filtraciones de aguas subterráneas.
- 4) El deslizamiento afectó 2 viviendas y podría afectar cultivos y andenes los cuales se encuentran en la cabecera del deslizamiento; así como la tubería ubicada al exterior de una de las viviendas.
- 5) Las unidades litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio, está conformado por rocas sedimentarias de la Formación Socosani compuesto de aproximadamente de 700 m de espesor de limoarcillitas de color negro gris a negras de grano fino, muy fisibles y material carbonoso alterado con niveles ínfimos areniscosos.
- 6) Las geoformas en el área de estudio corresponden a montañas en rocas sedimentaria, piedemontes (vertiente coluvio-deluvial), planicies (terrazas aluviales) y planicies inundables (terrazas fluviales). Así mismo, el área presenta laderas con pendiente fuerte (15° - 25°) a muy fuerte (25° - 45°).
- 7) Se considera como factor desencadenante las lluvias durante los meses de diciembre a marzo, así como el factor antropogénico de canales de riego sin revestir.
- 8) Por las condiciones geológicas y geomorfológicas, al sector se considera como Zona crítica y de peligro **Alto** a procesos geológicos de tipo deslizamiento, derrumbe, flujo de detritos y erosión de laderas.



**Norma Luz Sosa Senticala**  
Especialista en peligros geológicos  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



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

## 6. RECOMENDACIONES

- 1) Reubicar las viviendas A y B, las cuales están siendo directamente afectadas por el deslizamiento.
- 2) Considerar reubicar paulatinamente las viviendas ubicadas al pie del talud.
- 3) Prohibir el corte de talud para la construcción de nuevas viviendas y/o ampliación de terrenos.
- 4) Implementar zanjas de coronación o construir canales revestidos en la cabecera del deslizamiento, para evitar la saturación del suelo por agua y la consecuente ocurrencia de movimientos en masa, durante temporada lluviosa.
- 5) Realizar la captación y la derivación de las aguas de manantiales que se encuentran en el cuerpo del deslizamiento; estas aguas deberán ser conducidas por medio de canales revestidos; ubicadas lejos de la zona inestable.
- 6) Restringir el acceso de personas a la zona del deslizamiento, como medida de seguridad.
- 7) Las grietas ubicadas en la parte alta de la escarpa, deben ser selladas, con la finalidad de impedir la infiltración de agua hacia el subsuelo. Esta labor debe ser dirigida por un experto en el tema.
- 8) Revestir los canales de regadío, para impedir la infiltración de agua en el subsuelo. Estos trabajos deben ser realizada por un especialista.
- 9) Implementar un sistema de alerta temprana (SAT), en temporadas de lluvias intensas y/o excepcionales para informar a la comunidad campesina de Pairaca (Jirón Comercio) y que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- 10) 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.
- 11) La construcción de andenes por su forma escalonada impide que el agua corra pendiente debajo de manera violenta y retiene suelos cargado de nutrientes aprovechables para fines agrícola, las cuales se pueden aplicar para zonas de flujos.
- 12) Tratamiento de taludes con escalonamiento, cuando un talud está comprometido que retengan las caídas de fragmentos de roca.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: [http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf)

Gutierrez, P. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás. Hojas: 29-p, 29-q, y 29-r. Ingemmet, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 96 p.

Lipa, V. & Zuloaga, A. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p) Escala 1:50 000. Ingemmet.

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 "diseño sismoresistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA. El Peruano, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.

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 (2020) – SENAMHI. (consulta: junio 2021). <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.

Villacorta, S., Valderrama, P. y Roa, R., (2012). Primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geo-hidrológicos en la región Apurímac. Informe técnico N.º A6594 42 p. 2 mapas. Lima, Perú: Ingemmet.

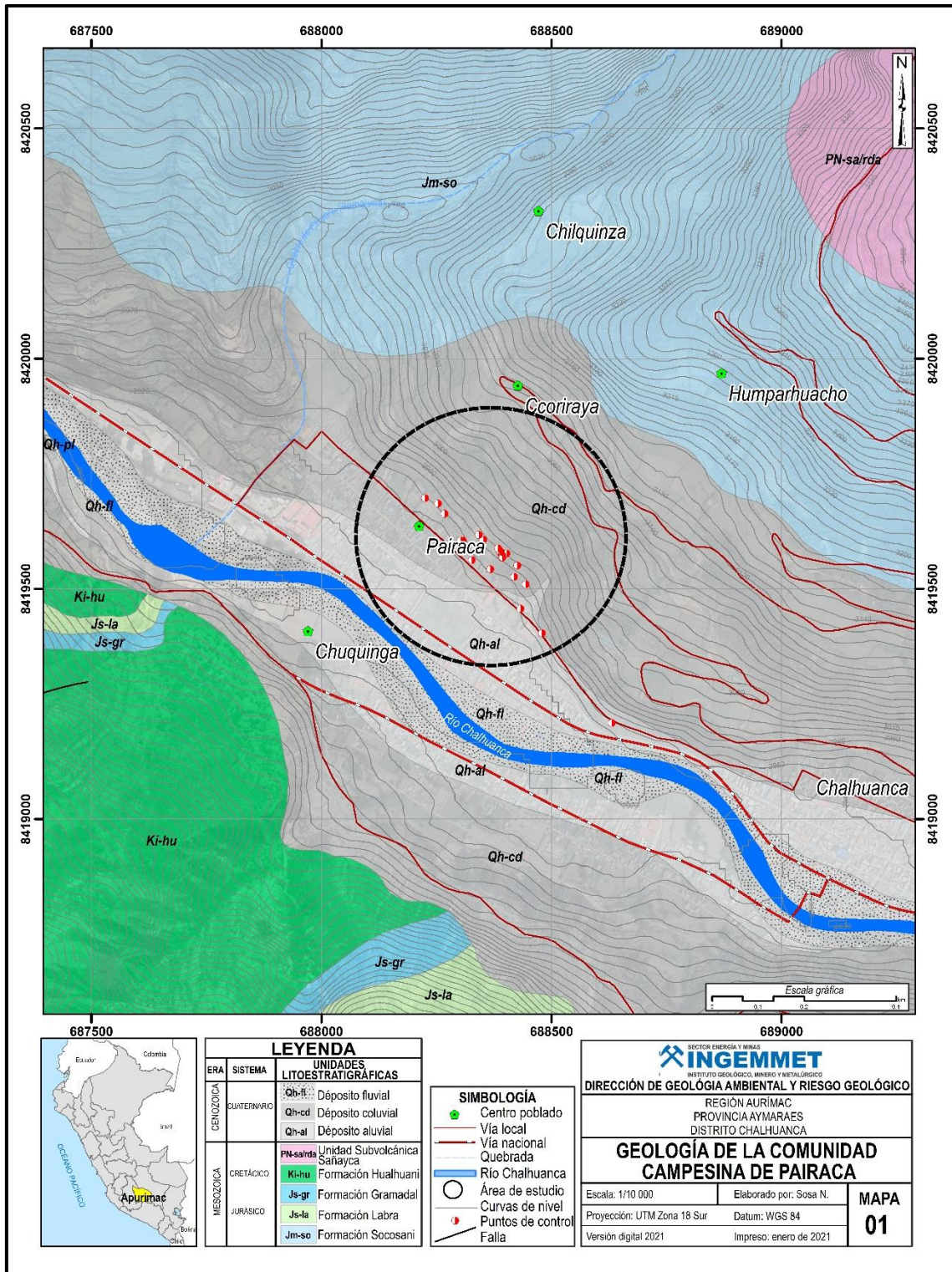
Villacorta S., Valderrama P., Madueño M. y Vasquez E. (2013). Peligros geológicos en la región Apurímac. ingemmet, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín, Lima. Manuscrito sin publicar.

Villacorta S., Vasquez E., Madueño M. & Chumbes R. (2016) - Análisis de peligros geológicos en la región Apurímac: origen, características y tratamiento.

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.



## **ANEXO 1: MAPAS**



ERA		SISTEMA	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Qh-fl	Depósito fluvial
		Qh-cd	Depósito coluvial
		Qh-al	Depósito aluvial
MESOZOICA	CRETACICO	PN-sairda	Unidad Subvolcánica Sairdayca
		Ki-hu	Formación Hualhuani
		Js-gr	Formación Gramadal
		Js-la	Formación Labra
	JURASICO	Jm-so	Formación Socosani

SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Vía local
	Vía nacional
	Quebrada
	Río Chalhuanca
	Área de estudio
	Curvas de nivel
	Puntos de control
	Falla

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

REGIÓN AURIMAC  
 PROVINCIA AYMARAEAS  
 DISTRITO CHALHUANCA

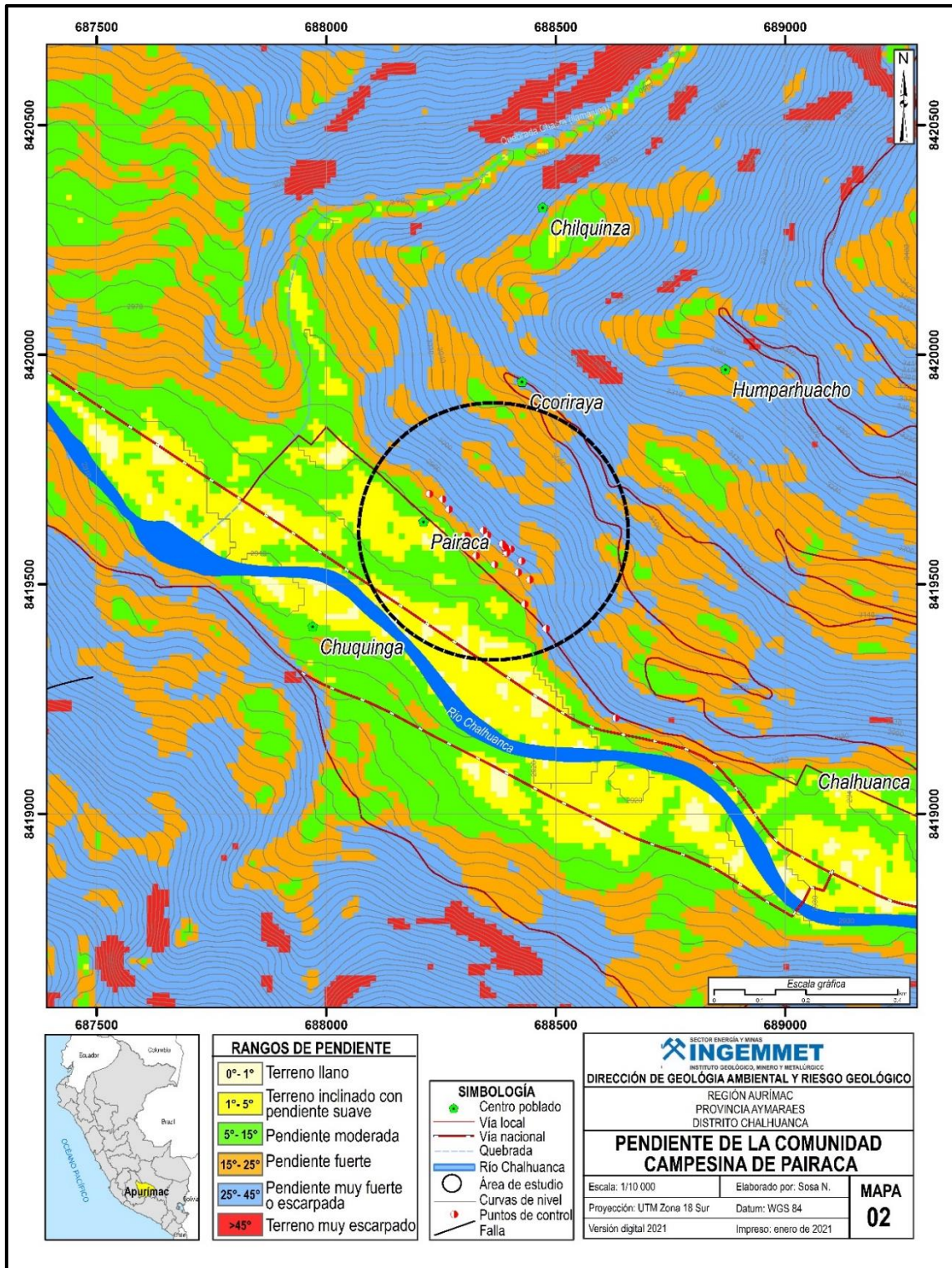
**GEOLOGÍA DE LA COMUNIDAD  
 CAMPESINA DE PAIRACA**

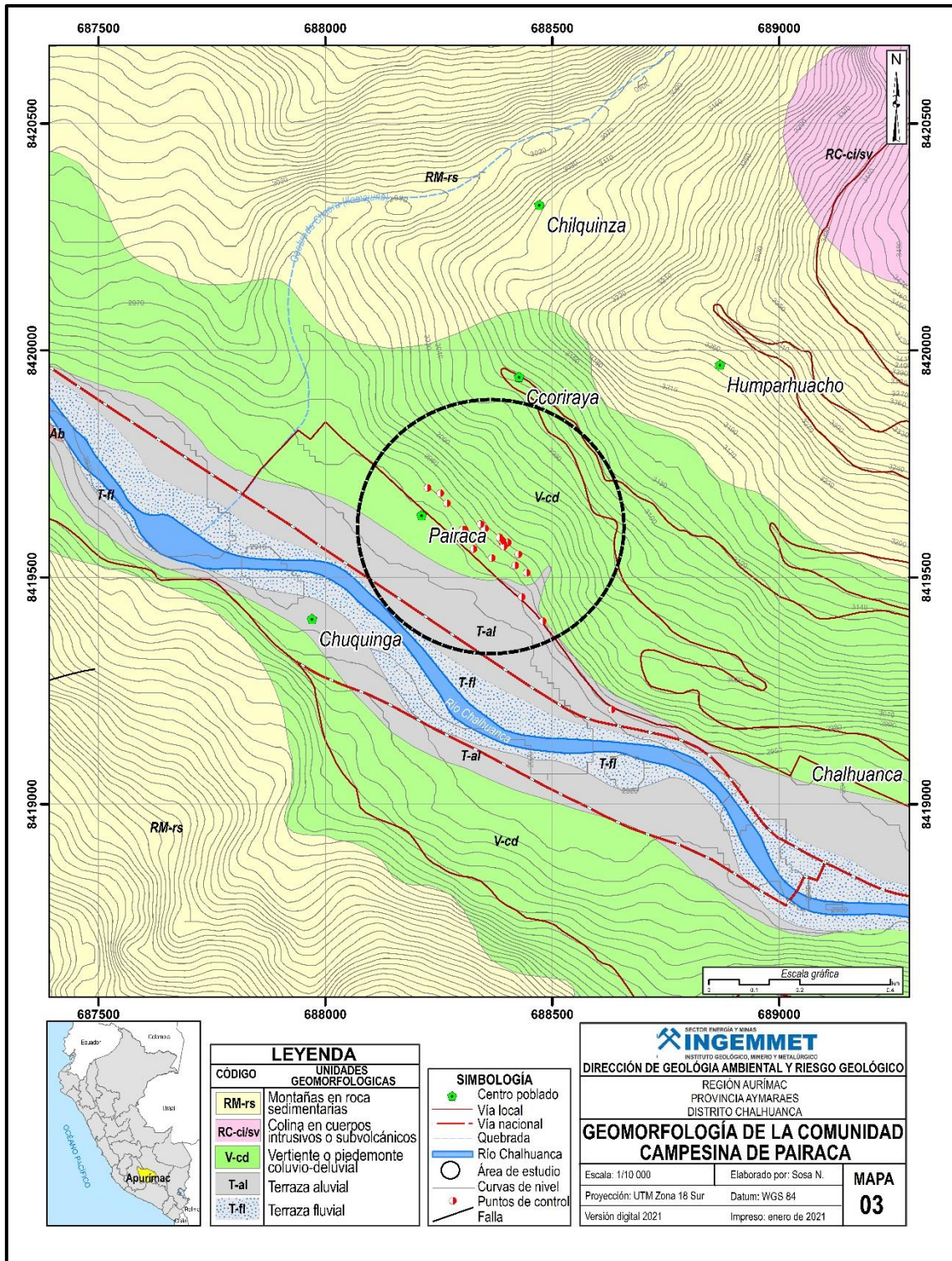
Escala: 1/10 000      Elaborado por: Sosa N.

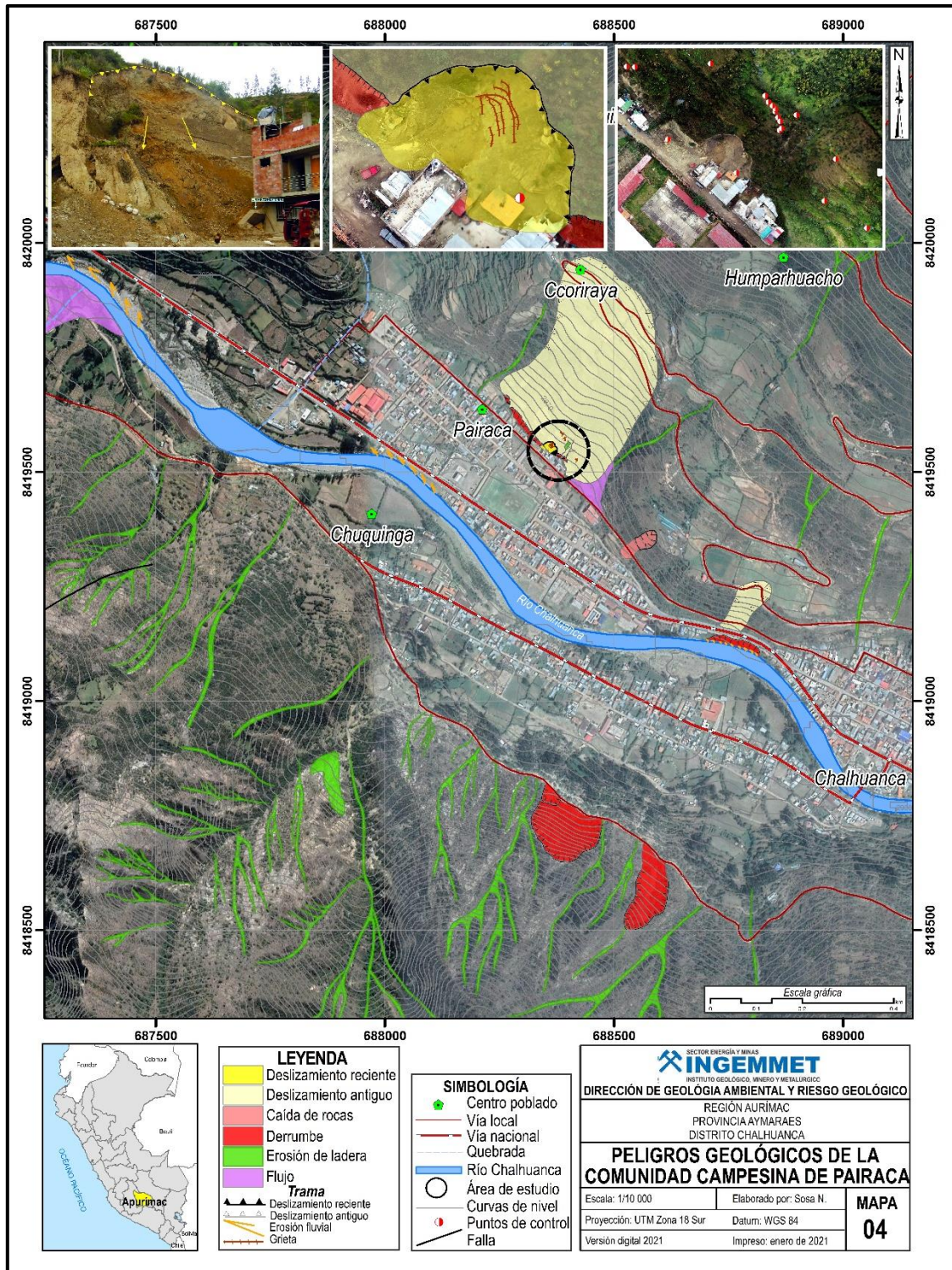
Proyección: UTM Zona 18 Sur      Datum: WGS 84

Versión digital 2021      Impreso: enero de 2021

**MAPA  
 01**







## **ANEXO 2: GLOSARIO**

**Peligros geológicos:**

Son fenómenos que podrían ocasionar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental.

**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 ladero abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

**Susceptibilidad:**

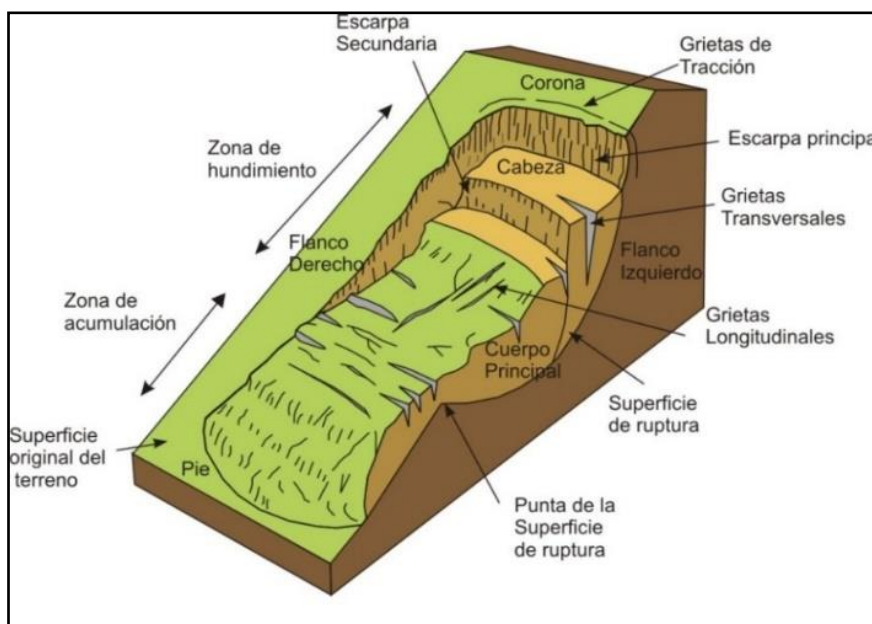
La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de movimientos en masa determinado.

**Deslizamiento (Slide):**

Es un movimiento, ladera abajo, de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales, a su vez, pueden ser planares y/o en cuña.

***Deslizamiento rotacional:*** En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal (figura 1). La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es, con frecuencia, baja excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

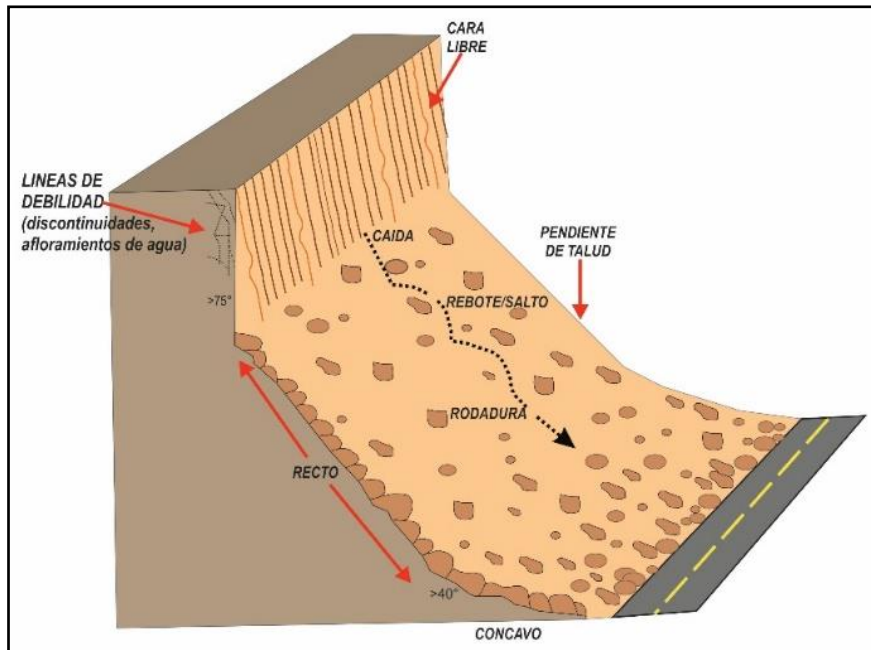
Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.



**Figura 1.** Partes de un deslizamiento rotacional.

**Derrumbe:**

Son fenómenos asociados a la inestabilidad de las laderas de los cerros, consisten en el desprendimiento y caída repentina de una masa de suelo o rocas o ambos, que pueden rodar o caer directamente en forma vertical con ayuda de la gravedad (figura 2). Son producidos o reactivados por sismos, erosión (socavamiento de la base en riberas fluviales o acantilados rocosos), efecto de la lluvia (saturación de suelos incoherentes) y la actividad humana (acción antrópica: cortes de carreteras o áreas agrícolas). Estos movimientos tienen velocidades muy rápidas a extremadamente rápidas (Vilchez, 2019).



**Figura 2.** Esquema de Derrumbe (Vilchez 2015).

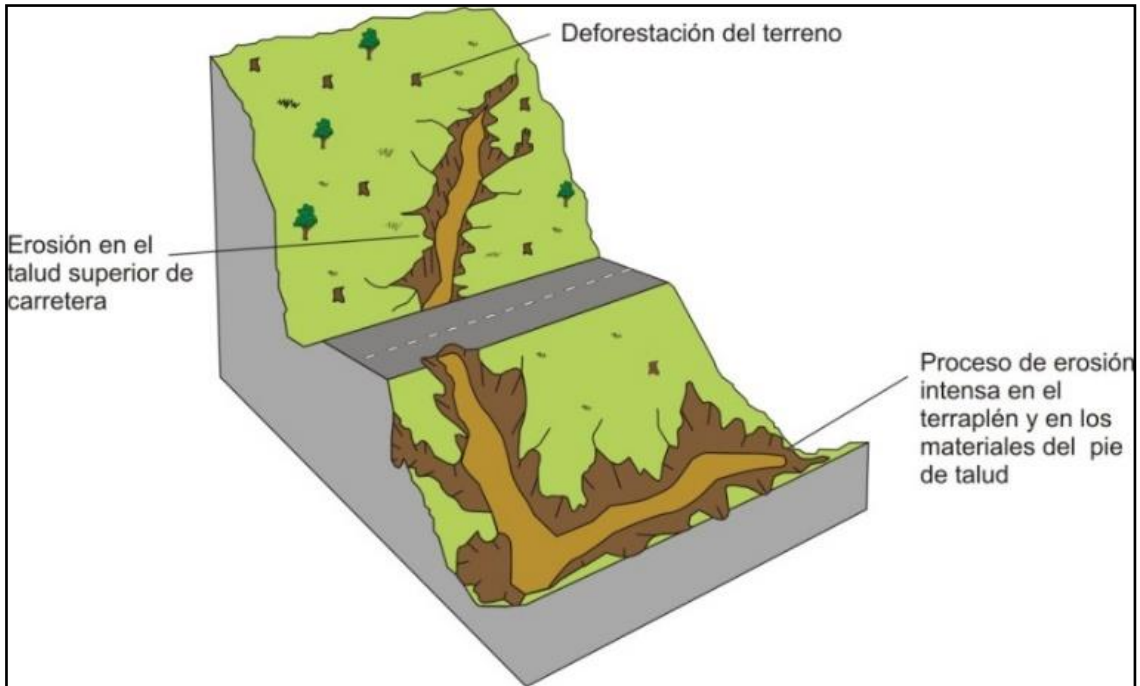
**Erosión de laderas:**

Este tipo de eventos son considerados predecesoras en muchos casos a la ocurrencia de grandes eventos de movimientos en masa. La erosión de los suelos es producto de la remoción del material superficial por acción del agua o viento (figura 3). El proceso se presenta gracias a la presencia de agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), que entra en contacto con el suelo, en el primer caso por el impacto y en el segundo caso por fuerzas tractivas, que vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose los procesos de erosión (Gonzalo et al., 2002).

**Agrietamiento:**

Son causados por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

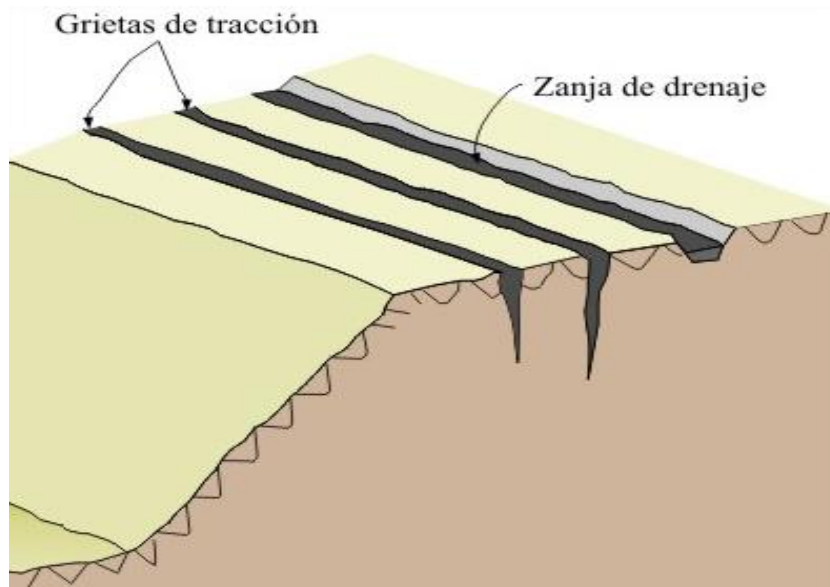




**Figura 3.** Esquema de erosión de laderas en cárcavas.

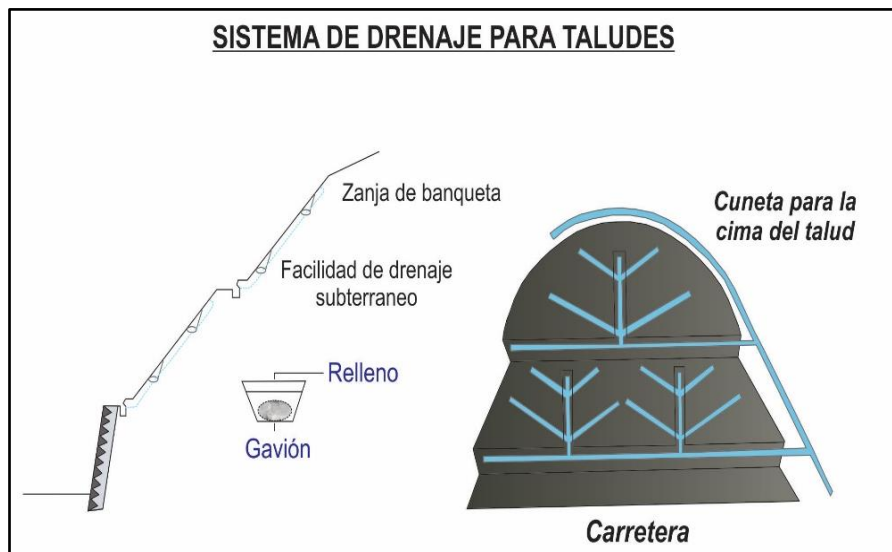
## **ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN**

- a) **Construir zanjas de coronación:** Las zanjas en la corona o en la parte alta de un talud, son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias y evitar su paso por el talud. La zanja de la corona no debe construirse muy cerca del borde superior del talud para evitar que se convierta en activadora de un deslizamiento en cortes recientes; o en una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos activos; o se produzca la falla de la corona del talud o escarpe (figura 1)



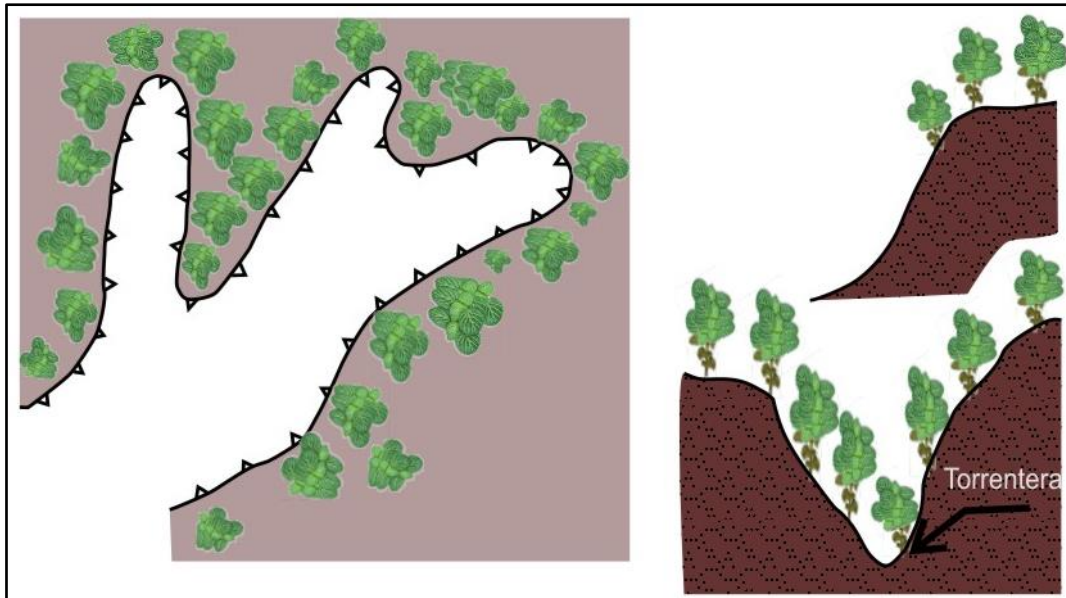
**Figura 1.** Canales de coronación.

- b) **Construir un sistema de drenaje tipo Espina de Pescado:** Para disminuir la infiltración de agua en las áreas grandes arriba del talud, se construyen canales colectores en Espina de Pescado, los cuales conducen las aguas colectadas fuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a los canales en gradería o torrenteras (figura 2). Estos canales deben impermeabilizarse adecuadamente para evitar la reinfiltración del agua.



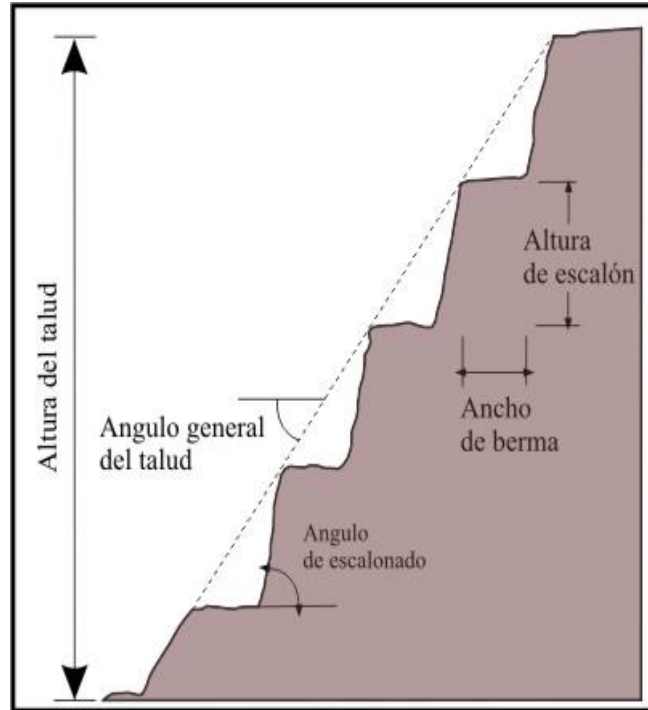
**Figura 2.** Drenaje tipo espina.

- c) Monitoreo permanente en la zona durante el periodo lluvioso: Implementar un sistema de monitoreo de la zona de arranque, que permita determinar la existencia de movimiento en la masa deslizante, este puede estar constituido por estacas de madera o varillas de fierro, las cuales deben estar colocadas tanto dentro del deslizamiento, como en una zona estable (fuera o encima del cuerpo de deslizamiento), realizándose medidas de la distancia entre estacas, cada cierto tiempo, aumentado la frecuencia de medidas durante periodos de lluvia. De detectarse movimientos rápidos, se informará a la población para que pueda realizarse la evacuación de las zonas que pueden resultar afectadas.
- d) Deben realizarse trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización: En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos (figura 3). Se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración a curvas de nivel con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.



**Figura 3.** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

- e) Tratamiento de taludes con escalonamiento: es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca, indeseables en todos los casos, y si se dispone en ellos zanjas de drenaje evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y de aumento de las precipitaciones intersticiales (figura 4)



**Figura 4.** Esquema de un talud con bermas intermedias (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2000)